

J. WACKERMANN

Décembre 1967

LES FACIES PETROGRAPHIQUES DE LA SERIE
DE MAKO DANS LES REGIONS DE KANEMERE
ET MAMAKONO
(Sénégal Oriental)

MISSIONS Décembre 1964-Mai 1965

Mars-Avril 1966

ICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

RE DE DAKAR

R E S U M E

=====

Des filiations minéralogiques, classées en trois degrés, sont décrites d'après des observations microscopiques faites sur les faciès rencontrés au cours de deux missions concernant la série de MAKO. Les faciès paléovolcaniques, verts, sont le résultat de transformations diagénétiques - céméntation - alors que des faciès pélitiques peuvent dériver de roches éruptives par altération météorique. En outre, des occurrences siliceuses, carbonatées, ferrifères et manganésifères sont dues principalement à l'action des nappes phréatiques. Les conditions climatologiques actuelles sont susceptibles, ainsi que la plupart de celles du quaternaire, d'opérer ces transformations.

Il est proposé, dans l'état actuel des connaissances, de s'en tenir à une cartographie des faciès paragénétiques en ce qui concerne la série de MAKO.

- - - - -

TABLE DES MATIERES

PAGES

Présentation	1
CARACTERES GENERAUX DES FACIES PETROGRAPHIQUES OBSERVES	2
1. <u>Composition extrapolée des proctores</u>	
1.1. Proctores gabbroïques	3
1.2. Proctores granitiques	3
2. <u>Les transformations du premier degré</u>	
2.1. Filiations feldspathiques	3
2.2. Filiations pyroxéniques	5
2.3. Filiations périclitiques	6
2.4. Caractères communs aux transformations du premier degré	6
2.5. Les faciès d'apport liés aux transformations du premier degré	9
2.5.1. Les silicifications	9
2.5.2. Les faciès carbonatés.....	11
2.6. Les caractéristiques géochimiques des faciès de premier degré	12
2.7. Terminologie	13
2.8. Age	14
3. <u>Les transformations du second degré</u>	
3.1. Filiations feldspathiques	15
3.2. Filiations pyroxéniques	16
3.3. Evolution des autres minéraux secondaires	18
3.4. Structure et faciès	19
3.5. Propriétés métasomatiques	22
PROCESSUS PEDOGENETIQUES	
4. <u>Les transformations du troisième degré</u>	23
4.1. Filiations phylliteuses	23
4.2. Ferritisation et carbonatation	24
4.3. Observations sur les horizons pédologiques des deux régions	25

CARACTERES STRUCTURAUX

5. <u>Tectonique</u>	27
6. <u>Géomorphologie</u>	28

CONSEQUENCES ET CONCLUSIONS

7. <u>Cartographie</u>	31
7.1. Méthodologie	31
7.2. Les faciès pétrographiques cartographiés	31
8. <u>Minéralisations</u>	34

A N N E X E

Documents cités

Tableaux géochimiques

Fiche climatologique

Microphotographies

HORS-TEXTE

Carte des faciès pétrographiques - Mission KANEMERE 1964-65

"

"

MAMAKONO 1966

Les deux régions étudiées, cartographiées au 1/50.000° (voir les deux cartes hors texte), constituent les deux zones méridionales, du programme d'étude des processus d'altération météorique affectant les roches éruptives basiques du complexe birrimien du Sénégal-Oriental.

Ces deux domaines avaient été choisis en fonction de leur gamme étendue de faciès au vu des cartes géologiques au 1/200.000° du Service des Mines et de la Géologie - B.R.G.M. - DAKAR (16) et des monographies de J. P. BASSOT (2) et F. WITSCHARD (15), ainsi que d'après les observations faites au cours des tournées de reconnaissance de Février 1964 et Mars 1965.

Le secteur de KANEMERE a bénéficié, en outre, d'une étude pédologique effectuée par J. BALDENSPERGER (1) et d'une étude ~~géologique~~ faite par G. FOTIUS (5), concrétisées chacune par une carte au 1/50.000° et couvrant à peu près la même aire. En plus des facilités matérielles qu'entraînent de pareilles études conjointes dans des régions d'accès difficile, la confrontation des observations respectives a été bénéfique pour chacune des spécialités. Le principe de telles études complémentaires mérite d'être retenu et poursuivi.

12°

16



152

116

7.61

- CARACTERES GENERAUX DES FACIES PETROGRAPHIQUES OBSERVES -

- 8 -

La présente étude et le tracé des deux cartes sont basés sur l'examen de 200 lames minces relatives à des échantillonnages sur affleurements et de 40 lames taillées dans le niveau basal des puits foncés en vue de l'étude des phénomènes d'altération météorique. De plus, les résultats des observations des lames (300) concernant les niveaux sus-jacents de ces puits ont permis fréquemment d'éclairer les paragenèses minérales rencontrées à l'occasion des affleurements (^o). Il est évident que, réciproquement, la répartition cartographique des faciès des roches d'affleurement permet de sélectionner et de situer, par rapport à l'environnement géologique, l'emplacement des profils d'altération étudiés, ce qui était d'ailleurs primitivement le but des levés cartographiques.

La totalité des lames observées atteste l'existence de transformations minéralogiques répondant à des filiations limitées en nombre et s'exerçant sur des protores peu variés quant à leur composition minéralogique: gabbros - dolérites - basaltes d'une part, granites, ou plutôt grano-diorites de l'autre. Le domaine de KANEMERE est caractérisé par la prédominance de faciès grenus (gabbros - dolérites) alors que celui de MAMAKONO est principalement constitué, en surface, par des roches à structure microlitique (basaltes). En fait, dans le détail, des différences de grain s'observent fréquemment sur des affleurements s'échelonnant à quelques mètres de distance. Il faut également noter que tous les échantillons à structure microlitique, et la plupart des faciès microgrenus, renferment d'abondants phénocristaux, de quelques millimètres de longueur (structures porphyriques), indices d'une évolution dans les conditions physiques - abaissement des paramètres température et pression - qui ont régné durant leur cristallisation.

106 diffractogrammes-RX, effectués au Laboratoire de Géologie et de Paléontologie de Strasbourg, pour le compte de A. CHAUVEL et J. BALDENSBERGER, ont été utilisés pour préciser les filiations phylliteuses du manteau d'altération et des sols qui en dérivent. En outre, des analyses de fractions "argiles" et "limons" ont été faites spécialement dans le cadre de cette étude à ce même Laboratoire ainsi qu'au Laboratoire des sols du C.N.R.A.-Verailles (S. HENIN - G. PEDRO - M. ROBERT). Voir à ce propos le chapitre annexe.

(^o) Une grande partie de ces lames a été effectuée au Laboratoire de Géologie de l'Université de DAKAR (Directeur: J. SOUGY) qui nous a donné asile en 1964-1965.

1. COMPOSITION EXTRAPOLEE DES PROTORES

1.1. Protores gabbroïques :

Les points de départ des filiations minéralogiques des échantillons non granitiques, quelquefois individuellement intacts, plus fréquemment subsistant à l'état de cristaux à enclaves "filiales" ou à cavités de dissolution, de noyaux résiduels au sein d'un individu pseudomorphique ou d'amas d'éléments néogénétiques, sont invariablement représentés par des plagioclases basiques (maximum mesuré: bytownite à 75 % d'anorthite) et des pyroxènes: en majorité des augites-diallages, plus rarement des enstatites, bronzites ou hypers-
thènes. Les péridots s'avèrent rares, sauf en ce qui concerne les protores ultra-basiques. Ces derniers contiennent, en outre, fréquemment, de la magnétite plus ou moins polaire (action sur la boussole).

1.2. Protores granitiques :

Les individus cristallins composant les affleurements grano-dioritiques étudiés ont été, dans leur totalité, soumis à des transformations postérieures à leur individualisation. Les teneurs maximales des plagioclases sont de l'ordre de 35-37 % d'anorthite (andésines), les orthoses-microclines sont rarissimes et les quartz présentent des formes déchiquetées et des extinctions roulantes. Les phases ferromagnésiennes ont conservé dans certains amas des reliques d'augites.

2. LES TRANSFORMATIONS DU PREMIER DEGRE

Ces transformations s'observent dans tous les échantillons recueillis à la base des manteaux d'altération, à la faveur des puits, et sur les affleurements et boules superficielles résiduelles qui résultent, tous les deux, d'une action érosive importante des matériaux superficiels.

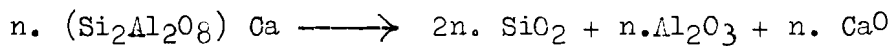
2.1. Filiations feldspathiques :

Le processus fondamental est constitué par l'albitisation des plagioclases marquée par un appauvrissement relatif en Ca par rapport à Na. Les transformations décelables optiquement sont, outre la fermeture progressive des angles dièdres des macles polysynthétiques

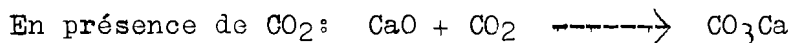
qui permet de mettre le phénomène en évidence, l'apparition de cavités de dissolution (formes vermiculées et spongieuses) et d'enclaves cristallines: quartz et calcédoine, soit isolées, soit en ensembles graphiques (myrmékites, en "doigts de gant" ou "arêtes de poissons") - séricite, en paillettes isolées et en tapissage des fractures et des réseaux de clivages - épidotes et carbonates rhomboédriques) de formes et de répartition irrégulières.

Cette albitisation s'effectue parfois selon une zonation centripète et s'accompagne d'une distorsion du réseau initial, les plans de macles s'estompant progressivement en produisant des extinctions roulantes en lumière polarisée. Finalement on peut ainsi aboutir à un amas microcristallin de fractions résiduelles et d'éléments de néogenèse.

Dans ce processus un plagioclase de teneur en anorthite n libère les éléments suivants :

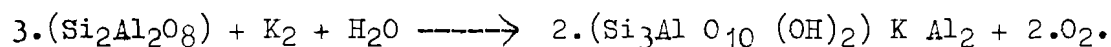


En fait le radical Si-Al-O peut être repris dans les nouvelles structures sans dissociation préalable en oxydes simples.



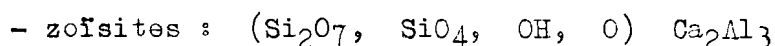
La destruction du terme albitique (1-n). (Si₃AlO₈) Na est comparable, libérant du sodium.

Lorsque K est disponible il se forme de la séricite :



Dans les termes granitiques, plus riches en K, la séricitisation s'avère nettement plus active que dans les roches gabbroïques.

Selon la quantité de Fe³⁺ disponible, des genèses d'épidotes plus ou moins ferrifères peuvent avoir lieu :



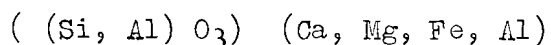
La silice non réutilisée dans ces réactions peut demeurer sur place, en inclusions ou à l'extérieur, sous forme de calcédoine ou de quartz à réseau plus ou moins bien ordonné (légère biaxie fréquente - extinctions roulantes, non obligatoirement dues à des causes dynamiques).

2.2. Filiations pyroxéniques :

Les transformations décelées dans les pyroxènes sont fondamentalement différentes de celles des plagioclases: comme il n'existe pas de mélange de termes extrêmes à structure légèrement différente, comme dans le cas des plagioclases, toute modification chimique s'accompagne d'une modification structurale.

La filiation complète comporte la formation d'amphiboles, généralement des hornblendes vertes, plus rarement des trémolites et actinotes, qui se transforment à leur tour en chlorites. Ces transformations s'opèrent en règle quasi-générale à partir des bordures et des fractures et clivages importants; elles sont donc centripètes. Le cristal néoformé peut être pseudomorphique ou présenter des contours et une orientation indépendants, faisant alors partie, généralement, d'amas qui laissent deviner le cristal primaire sous forme de "fantômes".

Les transformations d'une augite :



en hornblende: $((\text{Si}, \text{Al})_4 \text{O}_{11}, (\text{OH})_2 \text{Na}_{0-1} \text{Ca}_2 (\text{Mg}, \text{Fe})_{3-5} \text{Al}_{0-2}$

puis en chlorite $(\text{Si}_{4-x}\text{Al}_x\text{O}_{10}, (\text{OH})_2) (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_3 - \text{Mg}_3 (\text{OH})_6$

sont marquées principalement par un enrichissement en hydroxyles et un appauvrissement en Ca. Ce calcium libéré, ainsi qu'une partie du magnésium, peuvent cristalliser sous forme carbonatée. La silice non incluse dans les nouvelles structures peut là également se retrouver sous forme de quartz-calcédoine.

A noter que dans le cas de transformations pseudomorphiques les individus conservent les orientations de plans optiques précédents, soit (010), les lamelles phylliteuses (001) prenant le relais des clivages (010) ou (100) des pyroxènes et amphiboles.

Cette filiation n'est cependant pas générale: dans de nombreuses zones des deux régions étudiées on peut observer une absence totale des amphiboles, les pyroxènes étant remplacés directement par des phyllites chloriteuses. Ceci implique une élimination immédiate et totale du calcium et une hydroxylation intense.

Un type de filiation plus rarement observé et l'apparition au sein des pyroxènes de lamelles et fibres parallèles de serpentines $\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8(\text{Mg}, \text{Fe})_6, \text{H}_2\text{O}$ accompagnant généralement la genèse de chlorites. Une telle transformation dénote également de conditions dans lesquelles Ca est éliminé en totalité en même temps qu'il se produit un apport important d'eau.

Toutes ces transformations sont généralement accompagnées d'individualisations, sur place ou à proximité, de quartz-calcédoine, de carbonates, d'épidotes, parfois de sphène, et, fait remarquable à noter, de sulfures et oxydes localisés à l'endroit même des pseudomorphoses, ou à proximité immédiate. Les sulfures sont, en règle générale, associés à la genèse des amphiboles et abondants dans les faciès riches en carbonates secondaires. On peut identifier principalement la pyrite, la marcasite et la chalcopyrite.

2.3. Filiations péridotiques

Les péridots étant rarissimes dans les roches gabbroïques on observe la transformation des péridots en cristaux de type serpentine presque exclusivement dans les termes ultrabasiques, pérido-pyroxénites de KANEMERE principalement. Le passage nécessite un apport d'ions oxyhydyles.

La genèse des bandes rouges d'iddingsite semble liée à des conditions oxydantes attestées par l'apparition d'hydroxydes et oxydes libres. Ces deux types de transformation se développent à partir des surfaces externes et des fissures et clivages ouverts des péridots.

2.4. Caractères communs aux transformations du premier degré :

Lorsque la structure globale du protore est conservée, les transformations minéralogiques s'opèrent selon des pseudomorphoses centripètes. Les éléments non réutilisés dans la filiation s'individualisent sous forme d'inclusions à proximité immédiate des néogenèses.

Dans le cas, fréquent, où le cristal initial est démantelé, il apparaît à sa place un amas de cristaux résiduels et néoformés; il subsiste ainsi un "fantôme" lorsque les cristaux voisins conservent leur structure, sinon il en résulte un volume de roche entièrement restructuré, à éléments microcristallins, effaçant totalement la structure primitive (matrice secondaire). A la limite, une structure

grenue peut donner naissance à une structure microgrenue, porphyrique ou non, les phénocristaux étant en fait des cristaux de la roche grenue initiale conservés isolément. Le doute peut être aisément levé lorsque ces transformations structurales n'affectent que des volumes limités, les zones non restructurées permettant alors d'identifier la roche de départ. D'ailleurs dans ce cas le faciès résultant présente un aspect macroscopique bréchique dont les éléments, fréquemment à limites anguleuses, sont de couleur plus ou moins sombre, verdâtre, selon l'intensité des transformations. (°)

En effet, ces transformations s'accompagnent de l'apparition d'une couleur verdâtre qui se substitue à la coloration noirâtre initiale, les teintes s'éclaircissant au fur et à mesure que les filiations évoquées se développent. La couleur verte est liée à la présence des chlorites et épidotes. Il apparaît, cependant, que ce sont les épidotes qui, même à faible teneur, imposent la coloration au faciès de néoformation, et par voie de conséquence il ne peut donc être question d'utiliser l'intensité de cette coloration pour caractériser la nature et l'intensité des transformations qui ont affecté la roche, notamment le stade d'albitisation des plagioclases. Or ce critère a servi largement dans l'établissement des cartes géologiques de la série.

Dans le cas des roches ultrabasiques la serpentinitisation des périclites et pyroxènes développent une coloration gris-blanchâtre bien visible sur le terrain et sur les photographies aériennes.

A côté des pseudomorphoses endogènes par rapport au cristal transformé, des néogénèses exogènes se développent fréquemment, soit à l'intérieur de minéraux ne possédant pas sur place les éléments nécessaires à leur édification (amphiboles et chlorites dans les plagioclases, par exemple), soit dans les plages microcristallines secondaires. Elles impliquent un transport des éléments d'une position à potentiel chimique élevé à une position à potentiel plus faible: c'est le cas, notamment, des vides, fissures, vermicules, remplis par le quartz-calcédoine et les carbonates. Un transport de K est également requis pour la genèse des séricites à l'intérieur des plagioclases (°°).

(°) Il existe cependant des affleurements témoignant de l'existence préalable de véritables brèches volcaniques basiques, à éléments bien individualisés et absence de phénocristaux à cheval sur deux zones (sud-KANEMERE, plus rarement à MAMAKONO).

(°°) Il faut noter, toutefois, que d'après A.N. WINCHELL (14, t. II, p. 264) les plagioclases renferment systématiquement un troisième terme potassique : $K \cdot Al \cdot Si_3O_8$.

Ces dernières constatations, jointes au fait que les filiations comportent une hydroxylation générale, un enrichissement en anhydride carbonique et une mise en mouvement privilégiée des éléments les plus solubles dans l'eau (alcalins et alcalino-terreux), tendent à faire jouer un rôle important dans ces transformations de premier ordre à la phase eau. On peut aisément rapprocher ces processus de ceux décrits sous les termes de "zone d'altération inférieure" par G. MILLOT (12) et de "diagenèse régressive" par F. LELONG et G. MILLOT (11). Les conditions physico-chimiques sont celles des zones de cimentation, sous-jacentes aux "chapeaux de fer" des mineurs: niveau situé sous la zone de battement de la nappe phréatique - milieu réducteur et basique - eau d'imbibition à drainage extrêmement lent. L'élaboration généralisée de sulfures est également une caractéristique de la zone de cimentation.

Pour toutes ces raisons, l'explication des occurrences minéralogiques décrites ci-dessus par des processus liés au métamorphisme général ou de contact ne nous apparaît pas satisfaisante dans les deux régions étudiées ici. D'ailleurs les mêmes paragenèses minérales s'observent dans les stades initiaux d'altération météorique des dolérites primaires de la région de BANDAFASSI (extrême sud du Sénégal-Oriental) qui, en raison de leur localisation et de leur âge, n'ont pu être soumis à un métamorphisme, soit général, soit de contact, précambrien ou postérieur. De plus, les variations latérales brutales de faciès, d'ordre métrique à centimétrique (fausses "brèches") et l'existence, à la surface du scl, de boules résiduelles ("boulders"), soustraites à l'altération météorique à un moment donné par les processus d'érosion, et dont l'évolution est fréquemment moins poussée que celle du substrat dur rencontré à la base des profils dont ces boules faisaient partie, ne peut trouver de justification métamorphique, imposant des conditions physico-chimiques identiques à un volume important de roches.

J.P. BASSOT (2, page 44) propose le tableau suivant pour l'évolution métamorphique des roches de la série (séquence basique) :

.../...

Associations minérales dans les roches basiques et leur équivalent métamorphique	Faciès minéral	Zone des Highlands écossais	Zonéographie (JUNG et ROQUES)
Plagioclases, pyroxène (olivine)	F. gabbros		
Plagioclases, (grenat, épidote, zoïsite) Hornblende	Faciès amphibolite	Sillimanite Disthène Staurotide	Gneiss supérieur
Albite, hornblende épidote (chlorite)	F. amphibolite à épidote	Almandin	Micaschistes inférieurs
Albite-Actinote-Chlorite	F. schiste vert	Biotite	
Albite-Epidote-Chlorite		Chlorite	Micaschistes supérieurs

En dehors de l'absence de la plupart des silicates de métamorphisme dans les faciès rencontrés, la rareté de l'albite et de la calcite dans les termes "ultimes" de cette zonéographie est obligatoire dans notre schéma de transformation. L'ambiguïté des occurrences de hornblende dans les structures peu transformées, dans l'optique métamorphique, contournée par le recours à un autométamorphisme préalable (2, pages 44-45), disparaît, au contraire, dans un contexte de cémentation.

Le cas du métamorphisme de la série alumineuse sera évoqué ultérieurement, à propos des transformations de second degré.

Les deux phénomènes décrits ci-après trouvent également une explication logique dans le contexte de la cémentation.

2.5. Les faciès d'apport liés aux transformations du premier degré :

2.5.1. - Les silicifications :

De nombreux affleurements et des échantillons observés en lames minces sont caractérisés par une richesse en quartz et calcédoine telle que les transformations minéralogiques in situ n'ont pu fournir la silice indispensable à leur élaboration, surtout si les roches en question

n'ont été que peu modifiées. L'enrichissement en silice, non lié à un stade précis de filiation, se manifeste par la présence d'éléments isolés, xénomorphes à sphériques, d'amygdales millimétriques à centimétriques plus ou moins sphéroïdales, à structure engrenée, de filonnets et joints garnissant les fissures et les diaclases ouvertes, formés par le quartz et la calcédoine.

Certains faciès qui, macroscopiquement, semblent être des rhyolites ou des microdiorites quartziques, apparaissent en fait, au microscope, comme étant d'anciens basaltes ou gabbros soumis aux transformations décrites, et enrichis en quartz-calcédoine. La richesse en minéraux secondaires, notamment en chlorites, amphiboles et séricites, ainsi que l'habitus des quartz - fréquemment amygdalaires et sphéroïdaux - permettent de déceler leur origine. Certaines "microdiorites" et "rhyolites macroscopiques" peuvent dériver en fait de roches gabbroïques grenues par le processus de restructuration déjà évoqué.

A la limite, des roches gabbroïques grenues peuvent évoluer, selon ce schéma, en faciès de diorites quartziques ou granodiorites, ce qui semble être le cas pour des affleurements localisés dans la plaine centrale de la carte "KANEMERE" et dans les collines nord-occidentales de la carte "MAMAKONO". Bien que les massifs acides circonscrits de ces deux secteurs soient formés de faciès grano-dioritiques et dioritiques quartziques à hornblendes et chlorites, il serait hypothétique de leur attribuer une origine parallèle. Notons cependant la rareté des orthoses-microclines et l'habitus des "biotites" décelées par les études antérieures qui nous semblent être, en fait, des vermiculites oxydées ou des hydrobiotites, dérivant de chlorites, ainsi que le suggèrent certaines lames minces.

Dans cet esprit on peut noter les nombreuses occurrences de granitisation et migmatitisation de roches basiques signalées par F. WITSCHARD (15) dans l'ensemble des formations birrimiennes du Sénégal oriental.

Cet apport massif de silice a pu s'effectuer à partir des eaux phréatiques, généralement très riches, jusqu'à près de la saturation, dans les régions étudiées (cf. le tableau n° II), la silice provenant alors des phénomènes d'altération superficiels qui, dans cette zone climatique, libèrent de grandes quantités de cet oxyde. Un fait notable est la liaison constante entre les zones d'enrichissement en

silice des faciès profonds verts, et même des niveaux d'altération sus-jacents, et les cuirasses ferrifères. Or l'étude des processus d'altération météorique, en cours, nous amène à constater un départ important de Si dans les niveaux riches en Fe^{3+} . G. FOTIUS (5, page 36) a d'ailleurs pu déceler fréquemment, en contre-bas des cuirasses, une flore caractéristique des milieux riches en silice (groupement à *Schizachyrium sanguineum*) associée à une flore de milieux engorgés (*Pobeguinea arrecta* - *Urelytrum* sp.).

Notons également la présence de bancs siliceux horizontaux, bien marqués dans la région de MAMAKONO (plaine centrale - collines orientales à l'est de la piste BRANSAN-SABODALA). Certains de ces bancs présentent des minéralisations en Fe-Mn. On peut rapprocher ces observations de celles faites par M. DEFOSSEZ (11, pages 6-7) au Mali, à propos des nappes contemporaines.

2.5.2. Les faciès carbonatés :

Des observations analogues peuvent être faites à propos des carbonates, essentiellement la calcite, dont les teneurs dans certains échantillons atteignent 3/4 du volume total et ne peuvent, là non plus, être attribuées à des libérations in situ. Les carbonates, rhomboédriques, dans certains cas dispersés dans l'ensemble de la roche, peuvent également se présenter sous forme de filonnets et d'amygdales à cristaux engrenés et dans le cas extrême devenir prédominants. Le faciès résultant est dans ce dernier cas identique à celui d'une prasinite: plagioclases et pyroxènes résiduels, amphiboles, chlorites, séricites et quartz de néoformation noyés dans un fond de carbonates. Macroscopiquement la roche se présente sous forme de faciès vert, à reflets nacrés, donnant des écorces d'oxydation rouille spongieuses par suite de l'élimination totale et brutale des carbonates.

Les individus cristallins carbonatés, comme le quartz et la calcédoine, peuvent être cryptocristallins ou atteindre plusieurs millimètres, mais sont généralement dans la gamme des dizaines ou quelques centaines de microns.

Sur le terrain on peut aisément remarquer que les faciès carbonatés sont groupés en zones géographiques et en outre, dans le secteur de MAMAKONO, on observe des enrichissements importants en carbonates, dans les collines occidentales et orientales de la carte, à partir d'un certain niveau topographique (20 à 30 mètres environ au-dessus

du niveau de la plaine de MAMAKONO). Ces faits suggèrent, comme pour les apports siliceux, des enrichissements à partir de nappes phréatiques, mais il est encore impossible d'estimer l'âge de ces processus. Certains faciès carbonatés perchés, ainsi que certains bancs siliceux horizontaux affleurant à des cotes élevées de part et d'autre de collines conservées par l'érosion, ont vraisemblablement une origine antérieure aux processus d'érosion qui ont individualisé ces reliefs par rapport aux plaines et dépressions environnantes.

2.6. Les caractéristiques géochimiques des faciès de premier degré :

Les analyses des éléments majeurs des échantillons personnels n'étant pas encore disponibles, nous avons eu recours au tableau de teneurs de J. P. BASSOT (2, p. 285 - tableau II). Toutes les tentatives de corrélations entre paragenèses minérales et teneurs, et entre les teneurs respectives des différents éléments, ont échoué.

Par contre le tableau des teneurs en éléments-traces de 8 échantillons d'affleurements du secteur de KANEMERE (tableau I ci-dessous) nous permet, par comparaison avec les caractéristiques de ces éléments indiquées par D. M. SHAW (13, pages 87 à 92, notamment le tableau 6-5), de tirer d'utiles enseignements:

- Les échantillons K-1, K-7, K-13, K-23, K-26, K-29 forment une classe homogène dont l'ensemble des teneurs en éléments-traces sont voisines. En outre les éléments "fémaphiles" y sont présents à des teneurs dont l'ensemble des valeurs dépasse nettement les teneurs moyennes des roches basiques; notamment :

<u>D. M. SHAW</u>			<u>KANEMERE</u>		
Cr :	340	ppm	>300	ppm-moyenne:	2.160 ppm
Ni :	97	"	>200	" - "	: 390 "
Co :	32	"	>70	" - "	: 200 "
V :	220	"	>270	" - "	: 440 "

Les éléments "felsiphiles" (familles granitiques) - Be, Li, Ba, Rb - et "homéophiles" (familles intermédiaires) - Ge, Ga - y sont en proportions très faibles, nettement discontinues par rapport aux teneurs de l'échantillon granitique K-31.

- L'échantillon ultrabasique K-30 accuse les caractères de la famille gabbroïque.

Les différentes paragenèses rencontrées dans les transformations du premier degré (séricites-serpentes-amphiboles-chlorites-silicifications-carbonatations) ne modifient donc pas sensiblement les caractères propres au protore (ici la famille gabbroïque et granitique), semblant même les accuser, en ce qui concerne les éléments-traces. Ceux-ci peuvent ainsi fournir de précieuses indications sur la nature de ce protore.

2.7. Terminologie -

L'ensemble des remarques exposées ci-dessus nous a amené à abandonner la terminologie employée pour désigner les faciès de la série (2 et 16). En effet le préfixe méta possède une consonance nettement interprétative (métamorphisme général et de contact) et de plus le substantif qui lui est adjoint (diorite, andésite, etc...) se réfère indifféremment à la paragenèse actuelle visible à l'affleurement ou à la roche de départ supposée. Or nous avons constaté que les plagioclases subissaient une albitisation très intense; ils ne peuvent donc servir d'indice pour définir la roche de départ comme c'est le cas dans la nomenclature usitée. Ce sont les reliques structurales et les fractions résiduelles de cristaux, notamment les minéraux ferromagnésiens - tels que pyroxènes, biotites - qui peuvent fournir des indications dans ce sens. Du moins en attendant que les lois d'évolution géochimique des éléments majeurs et traces au cours de ces processus soient connues avec précision.

C'est pourquoi nous avons préféré adjoindre le préfixe paléo au nom de la roche déduit des observations précédentes: il correspond à une notion de faciès couramment utilisée en pétrographie descriptive et qui ne comporte aucune implication quant à la nature des processus ayant abouti à la transformation de la roche, postérieurement à sa mise en place.

2.8. Age

La composition des eaux phréatiques prélevées à la base des profils (tableau II) montre que les mises en mouvement d'éléments incriminés dans les filiations décrites s'opèrent actuellement. En outre il n'existe pas de discontinuité entre les transformations de premier degré et celles de second degré qui seront décrites ci-après et qui appartiennent manifestement aux phénomènes catamorphiques. Les processus de céméntation peuvent donc avoir lieu actuellement à la base des profils d'altération météorique.

Par contre, les affleurements de roches et les boules résiduelles superficielles qui ne sont plus soumis qu'à des actions externes limitées - variations d'humidité et de température et oxydation intéressant une pellicule superficielle peu importante - et qui présentent les mêmes faciès secondaires, ont obligatoirement évolué à la base de profils d'altération antérieurement au décapage par les processus érosifs qui les ont mis à nu. Or les produits de ce décapage se retrouvent partiellement dans les colluvions qui recouvrent les zones basses actuelles: à côté des graviers ferrifères arrachés aux systèmes cuirassés antérieurs et de la kaolinite et hydroxydes-oxydes de fer provenant des manteaux ferrallitiques, sous-jacents à ces mêmes cuirasses, on trouve - en grande abondance dans les zones à substrat gabbroïque-basaltique - des argiles smectiques qui y développent des structures de type "vertisols". Il est donc permis d'en déduire que le matériau qui recouvrait ou englobait les affleurements actuels et les boules résiduelles était du même type que celui qui se forme sous nos yeux, comme nous le verrons ci-après, du moins aux endroits où n'existait pas de manteau ferrallitique.

Les conditions climatiques n'ont donc pas été modifiées radicalement depuis la fin de l'élaboration du dernier manteau ferrallitique associé au système cuirassé du "moyen glaciais" (= glaciais inférieur, moyenne terrasse), défini par P. MICHEL (9 et 10), et rapporté par cet auteur à l'Acheuléen moyen. Signalons que les études palynologiques faites par M. DIENG (4) dans le Continental Terminal du Sénégal indiquent une évolution peu marquée de la flore depuis l'Eocène.

3. - LES TRANSFORMATIONS DU SECOND DEGRE

Les filiations précédentes conservent aux faciès une cohésion et une dureté comparables à celles d'une roche saine.

Dans les filiations de second degré les roches acquièrent des caractères de porosité, de friabilité, de réponses à l'humectation, tout en conservant à l'échelle macroscopique, l'architecture primitive du réseau des diaclases. C'est le domaine, principalement, de la genèse intense des minéraux phylliteux et fibreux dont la taille est compatible avec leur étude au microscope optique. Ce domaine est celui du manteau d'altération météorique sensu stricto (matériel originel des pédologues).

Les filiations de second degré peuvent s'opérer, soit à partir des minéraux primaires, non touchés par les transformations précédentes, soit à partir des minéraux de néogenèse du premier degré. Dans ce cas les néogenèses du second degré sont induites par celles du premier degré.

3.1. Filiations feldspathiques :

Les processus précédents d'albitisation et de séricitisation se poursuivent avec une intensité accrue. Les plagioclases sont fortement cariés, démantelés et d'abondantes néogenèses de quartz-calcédoine se produisent en leur sein ou à proximité. Il peut en être de même pour les néogenèses carbonatées. Les tailles des séricites sont, dans ce degré, généralement inférieures à celles du premier degré: quelques dizaines de microns en moyenne.

Dans le manteau actuel il n'apparaît pas de processus de kaolinitisation des feldspaths, du moins à ce degré.

Notons également qu'à ce stade peuvent s'élaborer des phyllites de types "vermiculites" ^(°) au sein des plagioclases, grâce aux apports d'éléments issus des minéraux ferromagnésiens. Ce processus est comparable à l'édification des chlorites dans le degré précédent. Bien qu'il y ait passage chlorites-vermiculites dans ce deuxième degré, on peut observer des occurrences de vermiculites en l'absence de chlorites préalables.

On peut également observer des transformations de séricites en vermiculites, soit au sein des plagioclases, soit dans les amas de séricites élaborées précédemment. Ces transformations nécessitent un apport de Fe et Mg qui peuvent provenir du remaniement des filiations pyroxéniques voisines.

Les épidotes primaires sont fréquemment réduites dans ce degré à des amas cryptocristallins, surtout dans les faciès oxydés.

3.2. Filiations pyroxéniques:

Les pyroxènes non transformés précédemment sont remplacés par des amas de phyllites de type vermiculites, selon un processus équivalent à la genèse des chlorites: pseudomorphoses et amas enchevêtrés.

Dans les zones oxydées les pyroxènes restés intacts jusque là sont remplacés par un édifice pseudomorphique de couleur rouille qui reproduit les clivages et les contours des cristaux primaires mais qui ne présente pas de sphère ou d'ellipsoïde des indices pour l'ensemble de l'édifice.

(°) Le terme "vermiculites" recouvre dans cette étude des structures phylliteuses intermédiaires entre les chlorites et les micas et peut comprendre aussi bien des vermiculites strictes que des pseudo-chlorites, ainsi que toute la gamme des édifices interstratifiés intermédiaires entre les chlorites et les minéraux micacés spécifiques.

Ce sont les caractéristiques optiques qui les font grouper ensemble :

- formes monocliniques, subhexagonales
- clivages (001) net
- pléochroïsme vert jaunâtre à brunâtre et incolore
- distorsion fréquente des feuillets et empilements de feuillets chloriteux et vermiculitiques
- biréfringence moyenne (environ 0,020)
- extinction droite, allongement (001) positif
- 2 V faible: biaxes à uniaxes négatifs

Minéraux secondaires résultant des transformations de premier degré :

- les amphiboles évoluent dans ce manteau en édifices phylliteux, soit par pseudomorphoses, soit par édification de cristaux de taille plus petite à orientation indépendante du cristal initial. Dans le premier cas le cristal néoformé se calque sur le cristal primaire en gardant la même orientation de plans optiques. Les minéraux néoformés peuvent être des vermiculites, lorsque le milieu de genèse est caractérisé par un drainage médiocre (élimination modérée de Fe-Al et Mg), sinon des talc et des séricites (dans ce dernier cas lorsqu'il y a élimination intense de Mg). Ces genèses sont également accompagnées d'individualisations de quartz-calcédoine et de carbonates. Dans les zones oxydées les amphiboles résiduelles acquièrent des teintes brunes à rouille ou se transforment en pseudomorphoses rouille comparables à celles des pyroxènes.

- les chlorites sont invariablement pseudomorphosées par des phyllites vermiculitiques qui calquent leur édifice sur celui des chlorites: on observe tous les termes de passage, avec fréquemment des édifices interstratifiés - alternances de feuillets chloritiques et vermiculitiques, plus ou moins plissotés et disjoints -, l'évolution la plus sensible étant l'accroissement net de la biréfringence associé à la superposition d'une teinte brunâtre à la coloration verte originelle. Lorsque, dans les zones les plus oxydées, apparaît une coloration brun-rouge ces vermiculites acquièrent des habitus d'hydrobiotites ou de "pseudobiotiques".

Il est évident que ces vermiculites peuvent à leur tour, comme celles issues des amphiboles, évoluer en talc et séricite lorsque l'élimination des cations est poussée davantage.

- les serpentes suivent la même filiation que les amphiboles: vermiculites - talc ou séricite.

- une étude aux rayons-X d'un profil (B-130) - sol brun eutrophe sur paléo-basalte ouralitisé et saussuritisé, quartzique - met en évidence la genèse d'attapulгите, en teneurs importantes, dans ce manteau de deuxième ordre.

La structure de ce minéral étant proche de celle des serpentines et intermédiaire entre la structure des amphiboles et celle des phyllites, il peut dériver des hornblendes-trémolites, abondantes dans le faciès sous-jacent, ou des serpentines présentes dans les amas issus des pyroxènes primaires. L'observation optique ne permet pas de préciser la filiation.

3.3. Evolution des autres minéraux secondaires :

Quartz et calcédoine voient leurs teneurs augmenter dans les niveaux à potentiel d'oxydo-réduction faible. En dehors des ségrégations localisées dans les zones réactionnelles pseudomorphiques, des filonnets, géodes, masses fréquemment sphériques apparaissent. Les sphéroïdes précédemment formés sont, localement, nourris périphériquement et donnent des globules de plusieurs millimètres de diamètre au fur et à mesure que l'on s'élève dans certains profils.

Par contre, dans les niveaux oxydés, des hydroxydes et oxydes de fer se mettent en place dans les fissures et clivages des quartz, ou imprègnent le réseau même, selon un schéma centripète; dans ce dernier cas le réseau est perturbé (disparition de la biréfringence dans les parties colorées en jaune, orange ou rouge) pour ne laisser finalement qu'un fantôme Si-Fe cryptocristallin ou amorphe.

Aucune néogenèse de carbonates n'a pu être établie dans ce domaine. Au contraire les carbonates sont fréquemment dissous, d'une façon brutale dans les niveaux riches en oxydes. Sinon on peut observer, dans de nombreux cas, la transformation des réseaux macrocristallins carbonatés en amas cryptocristallins plus ou moins colorés par les oxydes de fer.

Signalons également que dans ce manteau, les diaclases, plus ouvertes que dans les faciès durs sous-jacents, sont tapissées d'oxydes et d'hydroxydes de Fe et Mn, de revêtements de quartz-calcédoine et, fréquemment, de phyllites de néogenèse.

Le profil K-10, implanté légèrement en contre-bas du glacis cuirassé, au nord de la piste KANEMERE-MAKO, permet de mettre en évidence la mise en place de fer et de manganèse, sous l'action de la nappe phréatique actuelle, dans le manteau d'altération de second degré d'une granodiorite à diorite quartzique. Le manteau, formé d'une matrice quartz-kacinite-illite, de couleur gris-beige, est marqué de taches orangées à rouges

à 4 mètres de profondeur, position de la nappe en fin de saison sèche. En montant dans le profil l'étendue des taches se développe, les couleurs rouges et brunes devenant générales, en même temps que se forment des nodules ferrifères par simple imprégnation oxydée de la matrice d'hydroxydes-oxydes rouges à noirs, localement avec une cutine brun-orange; les grains de quartz sont fortement ferritisés (fissures-clivages et réseau proprement dit) et le plasma est caractérisé par des réorientations bien développées. Vers 2 mètres de profondeur ces phénomènes atteignent leur paroxysme: la matrice originelle beige est rarissime, les taches et nodules à Fe-Mn deviennent durs, surtout après quelques jours d'exposition à l'air, et tous bordés par une cutine brun-orange, sauf pour les plus manganiques; les grains de quartz sont ferritisés en totalité. Au-dessus de ce niveau "ocolithique" à "pisolithique" les hydroxydes et oxydes sont à nouveau moins denses et dessinent, comme à la base, une structure "alvéolaire" de taches irrégulières orange dans une matrice gris-beige, le tout très riche en quartz limpides comme dans les niveaux sous-jacents. Ces taches disparaissent vers 50 cm de profondeur.

.4. Structures et faciès :

Les transformations de second degré tendent toutes vers l'individualisation de cristaux de taille inférieure à celles qui caractérisaient le degré précédent. Les modes des phyllites et grains de quartz vont de quelques dizaines de microns à cent microns. Cependant il peut persister des cristaux primaires - plagioclases et pyroxènes - soit en totalité, soit à l'état de débris s'éteignant en même temps, au microscope polarisant, lorsqu'ils proviennent d'un cristal unique. On peut supposer que dans leur cas le réseau initial était mieux ordonné ou contenait moins d'impuretés que celui des cristaux complètement remaniés.

Suivant les teneurs en quartz, phyllites et cristaux résiduels les processus décrits ici donnent naissance à des pélites (quartz-phyllites) des argilites (phyllites prépondérantes) kaolinitiques ou smectiques ou des faciès schisteux lorsque les phyllites et les quartz-calcédoines de néogenèse s'ordonnent selon des strates parallèles.

Notons que les colorations des niveaux de ce manteau vont de la teinte verdâtre, à la base, faisant suite au niveau de cimentation, à une teinte gris-blanchâtre à jaunâtre dans la partie médiane, pour prendre finalement, lorsqu'il existe un processus d'oxydation dès ce degré, une teinte rougeâtre franche.

Les pélites peuvent présenter localement des faciès particuliers:

- Pélites à litho-reliques: il subsiste des éléments cristallins primaires ou résultant des transformations secondaires (notamment albites), soit isolés, soit formés d'un certain volume de la structure antérieure. Les contours de ces reliques peuvent être, comme dans les "pseudo-brèches", anguleux ou arrondis, corrochés ou marqués par une cutine périphérique de néogénèse. Ces éléments, joints aux sphéroïdes quartziques, noyés dans une masse microgranulaire pélitique, secondaire, ont pu, dans certains cas être confondus avec des faciès tuffacés ou grauwakeux, comme nous avons pu l'observer dans des profils localisés dans des zones cartographiées en faciès "volcano-sédimentaires". Cette remarque est d'ailleurs valable également pour les niveaux résultant de la cimentation lorsque des litho-reliques sont conservées dans une masse néogénétique formée d'amphiboles, de chlorites, d'épidotes et de quartz-calcédoine. La discrimination entre les faciès tuffacés authentiques et les faciès pélitiques à litho-reliques ne semble pas pouvoir être basée sur l'existence ou l'absence de stratifications car nous avons pu observer des variations de grains selon des bancs de quelques dizaines de centimètres dans le manteau d'altération résultant de la transformation de gabbros autour de SORETO (mission 1967).

- faciès schisteux de néogénèse: des puits creusés au cours des trois missions KANEMERE (1965), MAMAKONO (1966) et SORETO (1967, au nord des deux localités précédentes) ont permis de saisir le passage graduel de roches éruptives basiques, non orientées, à des faciès pélitiques lités, à schistosité verticale. Les néogénèses et les restructurations afférentes appartiennent invariablement au domaine de transformations du second degré.

La caractéristique principale est la transformation des chlorites et amphiboles (hornblendes et trémolites), résultant de la cimentation sous-jacente, en vermiculites et quartz-calcédoine selon des lits verticaux très grossiers, et ces vermiculites sont à leur tour transformées en séricites et phyllites talqueuses, concurremment avec

de nouvelles individualisations de quartz-calcédoins - de taille inférieure aux individualisations précédentes - selon des lits verticaux fins et parallèles. On peut y observer des plissements centimétriques à millimétriques, surtout aux niveaux supérieurs soumis à des processus de "creeping" vers les versants des collines.

Les localisations de ces occurrences, lorsqu'elles s'opèrent dans des manteaux d'altération manifestement actuels ou sub-actuels (reliefs érodés, absence d'environnement ferrallitique et de cuirassements), font intervenir des zones à drainage externe intense: parties supérieures des collines, avec intensification de la schistosité dans la zone sommitale et dans les thalwegs descendant de ces collines. Signalons que des faciès analogues, kaolinisés dans leurs niveaux supérieurs, existent sous les cuirasses du "glacis supérieur", qui englobent fréquemment des éléments de ces formations feuilletées.

La direction de la schistosité suit celle d'un des systèmes de diaclases principales de la roche sous-jacente. Dans le cas d'une colline linéaire, toujours orientée selon une direction de diaclase, la plus fréquente étant une direction nord-est "birrimienne", la schistosité reflète cette direction. La virgation de la schistosité visible sur le terrain et sur les photos aériennes, à 3 km au sud de KEREKOUNDA (secteur de MAMAKONO), correspond à la zone où une direction de diaclase principale (140° est) prend le relais de la direction de diaclase 50-60° est, ces directions existant dans les faciès compacts de roches éruptives, en contrebas. Le pendage de la schistosité tend vers la verticale dans le haut des profils lorsque le pendage de la diaclase, en profondeur, est incliné (60 à 90°).

Dans les massifs situés à l'est de MASSACOUNDA (secteur de SORETO) la schistosité du manteau suit grossièrement les courbes de niveau; elle est particulièrement bien marquée lorsque cette direction correspond à une direction de diaclase sub-verticale, dans le matériau sous-jacent, et à la faveur des dépressions des thalwegs qui découpent le massif.

Notons, à ce propos, que dans la terminologie des Malinké, orpailleurs depuis de nombreuses générations, les faciès schisteux, comme les pélites et faux-tufs résultant de l'altération météorique, sont appelés "norongo" (roche pourrie) vis-à-vis de la roche dure "kouro".

Les processus de second degré peuvent donc conduire à des faciès présentant des convergences assez étroites avec des formations sédimentaires telles que les tufs, les grauwackes et les faciès pélitiques schisteux. F. WITSCHARD (15, p.47 et 113) a pu faire des observations concordantes et cite, notamment, une étude antérieure de D. SOULE DE LAFONT (1958) qui indique une altération de microdiorite en "tufs" parfois lités.

De même, la formation de séricite-talc dans ce type de faciès a été rapportée généralement à un métamorphisme général de séquence alumineuse (zone des micaschistes supérieurs), parallèle à la séquence basique déjà évoquée (2, Pages 43-45). Les distorsions entre les deux séries trouvent une explication logique dans le contexte respectif des manteaux de premier et deuxième degrés.

3.5. Propriétés métasomatiques :

Les transformations de deuxième degré, comme celles de premier degré, conservant le réseau de diaclases initial et localement les structures microscopiques, s'opèrent sans variations de volume global notable. On peut donc établir des bilans des échanges chimiques qui accompagnent les transformations minéralogiques de ces deux degrés en considérant comme invariant un certain volume de roche. Ce concept ne pourra plus s'appliquer, du moins sans postulat, aux processus de troisième degré qui sont le domaine des remaniements structuraux et mécaniques par la rhizosphère, la faune hypogée, les phénomènes de dilatation-rétraction des phyllites smectiques, les phénomènes d'éluviation-illuviation.

- PROCESSUS PEDOGENETIQUES -

-

4 - LES TRANSFORMATIONS DU TROISIEME DEGRE

Elles correspondent au domaine de la genèse des sols proprement dit: restructuration poussée qui efface les diaclases sous-jacentes et les reliques structurales héritées de l'agencement des minéraux primaires ou secondaires; formation d'une matrice composée principalement de grains de quartz et de plasma dont les éléments sont cryptocristallins (phyllites - hydroxydes et oxydes de fer). Une nouvelle structure y apparaît qui voit s'individualiser des "agrégats", selon l'importance des facteurs flocculants, et des nodules et concrétions dus aux apports de Ca, Fe, Mn par la phase eau. Ces transformations apparaissent également autour des racines qui s'enfoncent dans le manteau d'altération.

Les minéraux résiduels, autres que les quartz, peuvent être relativement abondants, même dans les horizons superficiels, et fournir ainsi des éléments chimiques au fur et à mesure de leur dégradation sous l'influence de la phase eau et des acides organiques. Les plus répandus sont les résidus de plagioclases (albitisés, donc surtout riches en Na) et les chlorites-vermiculites (Mg - Fe); les pyroxènes et amphiboles, généralement oxydés, sont plus rares, mais courants. Ces minéraux persistent surtout dans les sols bruns eutrophes et les vertisols, ainsi que dans les sols sur arènes granitiques.

1. Filiations phylliteuses :

Les séricites acquièrent des tailles qui échappent au pouvoir de résolution du microscope (l'usage est de les appeler, dans ce cas par le terme "illites", sans qu'il y ait modification structurale).

Les vermiculites se transforment invariablement en montmorillonites - le plus fréquemment en variété "nontronites" par suite de l'abondance de Fe - dont la taille échappe, de même, au pouvoir de résolution du microscope optique. La grande abondance de ces phyllites dans les niveaux superficiels des profils sur roches basiques leur confère un pouvoir de gonflement très important qui crée les structures propres aux "vertisols" et "sols bruns eutrophes": notamment les fentes de retrait durant la saison sèche.

Dans le profil B-130, précédemment cité, les attapulgites formées dans le manteau d'altération disparaissent totalement dans les niveaux pédologiques au profit des montmorillonites-nontronites.

La dégradation des phyllites du manteau et du sol jusqu'au terme kaclinites - hydroxydes-cxydes de fer est peu active sous les conditions climatiques actuelles, du moins sur faciès basiques. L'enrichissement en kaclinite ou métahalloysite enregistré dans tous les diagrammes de rayons-X relatifs aux parties supérieures des profils pédologiques est principalement dû aux apports colluviaux, marqués nettement par des nappes d'épandages de graviers ferrifères et de débris de cuirasses, quartz et roches, arrachés aux buttes-témoins ferrallitiques et à leur coiffe cuirassée.

Des néogénèses absolues de phyllites cryptocristallines peuvent se produire à ce degré; les éléments nécessaires sont disponibles dans les eaux de circulation (tableau II). Mais il est difficile de les mettre en évidence par des études statiques.

1.2. Ferritisation et carbonatation :

Les horizons pédologiques témoignent fréquemment d'apports importants de Fe-Mn et de Ca-Mg, éléments disponibles à de fortes teneurs dans les eaux qui y circulent (voir tableau II), presque exclusivement durant la saison des pluies.

La ferritisation, intéressant principalement les horizons superficiels - fortement oxydés - puisque le fer possède un coefficient de dissolution élevé à l'état Fe^{2+} et faible à l'état Fe^{3+} , provoque à la fois une floculation-cimentation forte des plasmas issus des transformations du troisième degré, pouvant aller localement jusqu'à l'individualisation de nodules, et l'imprégnation du squelette minéral de la matrice de ces horizons: notamment précipitation d'oxydes dans les cli-vages des quartz et imprégnation-pulvérisation centripète des réseaux. Le manganèse suit des lois analogues mais se concentre préférentiellement dans les niveaux supérieurs oxydés et les diaclases du manteau du deuxième degré.

Le développement de ces derniers processus provoque un déplacement du mode des courbes granulométriques des sables vers les tailles limonitiques.

La ferritisation du plasma est marquée, au microscope polarisant, par des réorganisations en domaines orientés (séparations plasmiques - hétéro-plasma, fréquemment réticulé) ou en paquets à extinction roulante (onduliplasma), dont la densité est nettement plus forte que dans les portions de plasma non colorées par les oxydes-hydroxydes. En outre on peut observer des granules de l'ordre du micron ou de la dizaine de microns, dispersés dans la masse plasmique, et formés d'oxydes et hydroxydes.

Le manganèse suit des lois analogues mais se concentre préférentiellement dans les niveaux supérieurs oxydés et les diaclases du manteau du deuxième degré.

La précipitation des carbonates, principalement de la calcite, dans les horizons inférieurs du troisième degré, est plus rare que celle des oxydes. Elle nécessite l'imprégnation par la nappe phréatique durant un certain temps et exige un apport d'anhydride carbonique par les eaux d'infiltration ou l'atmosphère des pores. Les cristaux, cryptocristallins à macrocristallins, se groupent généralement en nodules, géodes, imprégnant fréquemment des litho-reliques altérées, poreuses: les filonnets s'avèrent plus rares.

Nous n'avons pas rencontré d'occurrences de silicifications dans les horizons du troisième degré; elles sont spécifiques, dans le domaine climatique présent et sur roches éruptives, du premier et deuxième degrés.

.3. Observations sur les horizons pédologiques des deux régions :

Les profils de sols témoignent, dans leur presque totalité, d'apports importants de matériaux colluviaux qui se sont répandus selon un contact brutal sur le manteau d'altération sous-jacent, lui-même débarrassé préalablement de sa partie supérieure (disparition brutale de la structure et des diaclases). Les caractères érosifs actuels - voir en annexe - peuvent effectuer de tels phénomènes qui ont pu cependant jouer depuis un temps assez important; notamment en considérant l'épaisseur du colluvionnement (1,50 à 2 mètres en moyenne), la succession d'épandages de matériaux fins et de nappes de graviers ferrifères, de débris de cuirasses et de roches, l'importance de la morphologie d'érosion (buttes-témoins, aires de déflation, chevelu dense de marigots).

Il est indispensable de tirer des conclusions de ces faits:

- les horizons pédologiques dérivent exceptionnellement du matériau immédiatement sous-jacent. Les observations de terrain et de lames minces (litho-reliques) indiquent néanmoins que le transport est généralement fait sur de courtes distances et que globalement les sols sur roches basiques sont smectiques, ceux sur arènes granitiques fortement sableux et illitiques. Néanmoins en bas de pente les recouvrements exogènes sont courants.

La notion de famille de sols sur type de roches, voire de faciès, doit donc être employée avec circonspection, même s'il existe des migrations d'éléments per ascensum ou par cheminement latéral sous l'influence de la nappe phréatique, généralement peu profonde ou même affleurante durant la saison des pluies (bas-fonds, rizières).

- la flore à enracinement court n'aura guère de relation avec les faciès pétrographiques; ce fait ressort nettement de l'étude de G. FOTIUS (5). Cependant cette même étude montre l'absence de corrélations entre végétation et substratum (défini par la carte au 1/200.000^e), même pour les espèces à enracinement relativement important: ceci milite en faveur d'une homogénéité du substratum géologique.
- la prospection géochimique des éléments qui migrent peu ou ne se concentrent pas préférentiellement dans les horizons les plus superficiels (Zr - Ba - Rb - Ni - Mo) devra se faire par petits sondages ou puits atteignant au minimum la partie superficielle du manteau du second degré, soit environ 2 mètres.

Les études pédologiques faites au Sénégal-Oriental par A. CHAUVEL (3) et B. KALOGA (7) indiquent une plus grande richesse en éléments alcalins et alcalino-terreux (notamment en bases échangeables) dans les sols de type smectique (lithomorphes) de la partie septentrionale par rapport à la zone méridionale. En l'absence de résultats d'analyses chimiques concernant les manteaux d'altération de KANEMERE et MAMAKONO il est impossible de rapporter cette différence à l'évolution des facteurs climatiques - pluviométrie décroissante - (B. KALOGA a fait des observations concordantes à propos de cette zonalité, en HAUTE-VOLTA) ou au caractère du matériau de départ: en effet les faciès pétrographiques de MAMAKONO sont généralement plus riches en amphiboles que ceux de KANEMERE. Dans le contexte de la cémentation il est d'ailleurs permis d'envisager que cette plus grande richesse en amphiboles est elle-même une variable zonale opérant dans le même sens que les processus pédogénétiques (plus fortes teneurs en éléments de la phase eau, d'où agressivité atténuée, sous une pluviométrie moindre, soit un drainage moins intense) et pouvant même renforcer ceux-ci.

- CARACTERES STRUCTURAUX -

5 - TECTONIQUE

Le report des mesures de directions et pendages des diaclases, filons de roches et quartz, plans de schistosité des argilites et pélites, sur diagrammes de WULFF ne permet pas de dégager d'axe tectonique général. D'ailleurs le nombre de mesures pouvant être effectuées sur affleurements est très réduit: les diaclases sont fréquemment peu affirmées, arrondies par les processus d'altération et les blocs affleurants ont rarement conservé leur orientation initiale; les mesures les plus sûres sont celles faites dans les puits creusés pour étude de l'altération météorique.

Néanmoins on observe une direction privilégiée de diaclases principales, grossière, qui est aussi celle des filons et des plans de schistosité: pour la zone de KANEMERE elle est de 45° est et pour celle de MAMAKONO de 55° est; les pendages correspondants sont subverticaux. Ce sont ces directions NE-SW qui dessinent une structure d'ensemble, grossière, dans chacune de ces zones: orientation des silicifications, des thalwegs et, par contre-coup, des inselbergs et des formations cuirassées. Nous avons, en outre, vu précédemment que cette direction de diaclase pouvait commander la direction de la schistosité des pélites feuilletées, mais elle n'est pas la seule, comme en témoigne notamment la virgation de la schistosité au sud de KOROLO (carte de MAMAKONO).

Les autres pôles préférentiels, déduits des diagrammes de WULFF, sont, pour KANEMERE :

direction : 60° est - pendages : 20° est et 40° ouest
" : 115° est - " : 10° et 65° ouest
" :

pour MAMAKONO :

direction : 145° est - pendages : 25° et 80° ouest
" : 200° est - " : 40° ouest

Notons que l'ouverture des angles des directions est dans les deux cas de 55° .

La carte de KANEMERE présente un accident majeur NNW-SSE qui traverse la zone de part en part et qui est marquée par un filon de quartz à épidotes vertical de puissance variable. En outre, une série de failles NNE-SSW hache le massif ultrabasique situé au nord-ouest de cette même zone, décalant notamment les portions de l'alignement pyroxénitique le plus nord-occidental.

La région de MAMAKONO ne témoigne pas d'une tectonique cassante apparente; l'accident basique est-ouest décelé par les prospections géophysiques est situé plus au sud, entre BAMBARAYA et MAKANA. Cependant cette zone est marquée par d'abondantes virgations des plans de schistosité verticaux qui doivent refléter des variations dans l'orientation des réseaux de diaclases, variations qui peuvent être imputées à des tensions variables au moment de la cristallisation ou à des processus tectoniques postérieurs.

6 - GEOMORPHOLOGIE

La morphologie des deux régions est caractérisée par la présence d'inselbergs de roches basiques ou schisteuses (pouvant dépasser 300 mètres) et de résidus de glacis cuirassés dominant une surface basale, faiblement ondulée, parcourue par un chevelu dense de marigots temporaires, avoisinant la cote 150.

Les études faites par P. MICHEL (notamment 9 et 10) permettent de suivre l'évolution des paysages, évolution dominée par l'édification et la démolition de systèmes de cuirasses ferrugineuses successifs. Près de KEREKOUNDA (carte de MAMAKONO) subsistent des éléments de la deuxième surface d'aplanissement, éocène, atteignant 400 m, qui n'est pas représentée sur la carte de KANEMERE. Quelques buttes, culminant entre 300 et 400 m, en contre-bas de la cuirasse précédente, sont des témoins du relief intermédiaire, pliocène, dont on peut retrouver quelques éléments démantelés, localement bauxitiques, sur les crêtes de la colline de roches ultrabasiques, au sud de la piste KANEMERE-MAKO. Le point culminant des collines orientales de la carte MAMAKONO, au sud de la piste de KOSSANTO, comporte également des résidus de ce relief cuirassé: ils reposent notamment sur des faciès schisteux verticaux fortement kaolinitiques dont des fragments sont incorporés dans la cuirasse. La genèse de ces faciès feuilletés verticaux de second degré a donc pu s'opérer antérieurement à ce cuirassement pliocène. Cette même cuirasse, et les faciès pélitiques sous-jacents, est caractérisée en outre par des enrichissements en manganèse associé ou non à des silicifications.

Les autres formations ferrifères, de cotes inférieures, sont rapportées à un système de glacis quaternaires: le haut glacis, correspondant à la haute terrasse de la Gambie et de la Falémé, conservé localement sous forme de buttes-témoin kaolinitiques coiffées d'une cuirasse généra-

lement épaisse (jusqu'à 5 m). La surface à structure gravillonnaire et à inclusions de roches, quartz et cuirasses, à configuration en "V" ou en pente monoclinale de 1-5° vers les thalwegs actuels, avec fréquemment une butte symétrique dans ce dernier cas, implique un fond ou les berges d'un ancien thalweg. La pente des buttes du côté thalweg est généralement caractérisée par la présence de deux surfaces ferrifères étagées, la plus élevée faisant partie du système du moyen glacis - qui peut couvrir des aires importantes, notamment autour de KANEMERE et MAMAKONO - la plus basse, faiblement et localement indurée, rapportée au bas glacis. Ces deux surfaces se raccordent respectivement aux moyenne (Acheuléen moyen) et basse (Acheuléen final) terrasses de la Gambie et de la Falémé. Le façonnement du haut glacis est antérieur à la transgression inchirienne (P.MICHEL - 9 et 10).

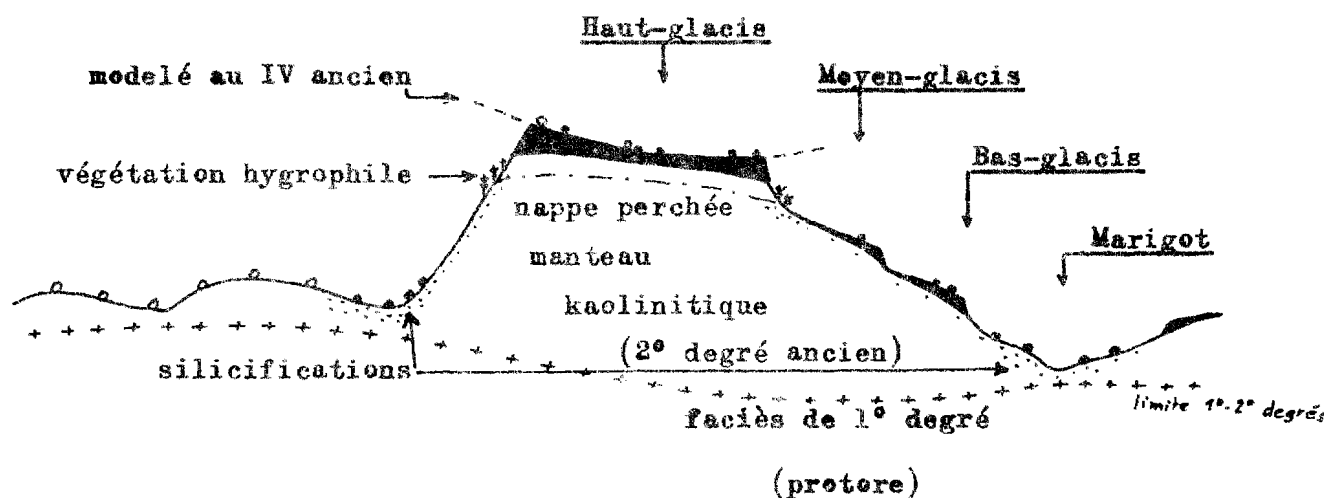
Les deux glacis inférieurs sont généralement façonnés sur le matériau kaolinitique hérité des processus d'altération antérieurs, sous la protection des coiffes cuirassées des reliefs éocènes ou pliocènes, mais peuvent comporter à quelques mètres de profondeur des genèses d'argiles smectiques dénotant de conditions climatiques moins humides que celles relatives aux buttes kaolinitiques, antérieures.

La rémanence des directions des pentes des glacis du côté interne aux thalwegs (voir les figures ci-après) indique que le tracé des marigots actuels était déjà grossièrement esquissé lors du façonnement du glacis supérieur. Le seul processus évolutif consiste en une descente continue de leur profil d'équilibre. Par contre les rebords des buttes du glacis supérieur situés du côté externe et amont des gradins cuirassés sont abrupts et font face généralement à des inselbergs couverts de boules résiduelles qui sont également présentes sur le rebord amont des glacis. Le dessin des pentes requiert une inversion des reliefs par érosion des aires non protégées par le cuirassement du haut glacis, constituant initialement les zones basses au moment de son élaboration.

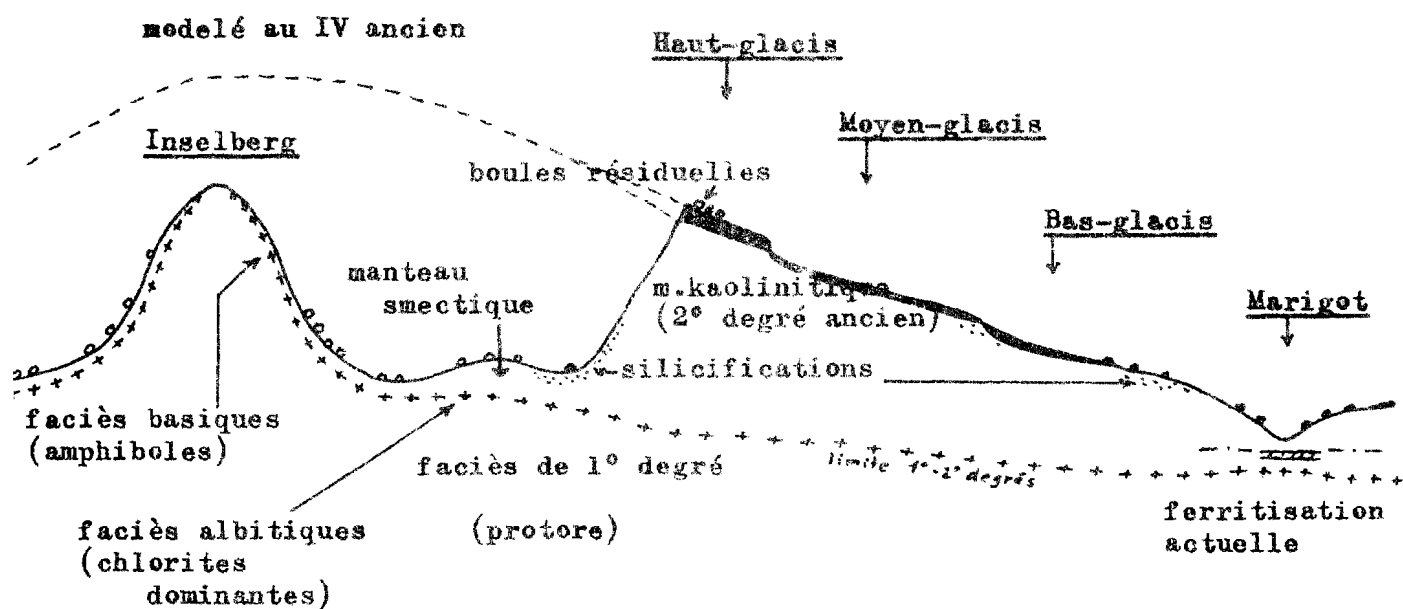
Les faciès pétrographiques sont d'ailleurs généralement liés à un type de modelé: les faciès sombres, peu transformés, à plagioclases basiques et amphiboles dominantes, se rencontrent le plus fréquemment à l'occasion des inselbergs, alors que les faciès vert-clair, à plagioclases fortement albitisés, riches en chlorites-épidotes, sont le plus souvent observés dans les zones basses à faiblement ondulantes. Les faciès pélitiques s'observent dans les parties basses, les pélites feuilletées verticalement dans des zones de collines ou à l'occasion d'entailles de marigots.

MODELÉ DES GLACIS CUIRASSÉS DANS LES DEUX RÉGIONS

DE KANÉMÉRÉ ET MAMAKONO



Type zone sud-KANEMERE



Type piste KANEMERE-MAKO

(pk-5 ka - coupe SW-NE)

Les liaisons entre faciès carbonatés ou siliceux et la topographie ont déjà été évoquées. Dans le contexte des transformations de premier et second degrés il est clair que le modelé peut être davantage qu'une conséquence de la présence de faciès différents: un facteur externe agissant sur l'intensité du drainage donc sur la nature des transformations minéralogiques et géochimiques.

Notons que sous les glacis cuirassés persiste pendant la majeure partie de l'année une nappe phréatique (observation des puits) qui lorsqu'elle est perchée donne naissance à des sources quasi-permanentes et à une auréole sommitale de plantes hygrophiles visualisée notamment par la présence de bambous (cf. G. FOTIUS - 5). Rappelons également qu'en contre-bas de ces buttes les faciès de premier et deuxième degrés sont fréquemment enrichis en silice plus ou moins cristallisée, peut-être en relation avec cette nappe. On observe également des enrichissements locaux des cuirasses ferrifères et des formations siliceuses y afférentes en oxydes de manganèse. La faible importance des tonnages reconnus et la présence en fortes teneurs de fer et de silice ne permettent pas, cependant, d'envisager leur exploitation. Une exploitation artisanale de certains faciès cuirassés, traités au moyen de petits hauts-fourneaux en argile, a eu lieu dans la région de KANEMERE, jusqu'au début du siècle; on aperçoit encore de place en place des scories de fusion.

- CONSEQUENCES ET CONCLUSIONS -

-

7 - CARTOGRAPHIE

7.1. Méthodologie :

La reconnaissance macroscopique des faciès s'avérant pratiquement impossible, une cartographie systématique doit faire appel à l'étude de lames minces au microscope polarisant. Une prospection cartographique devrait donc prévoir un équipement d'élaboration de lames minces et un microscope installés au campement de base afin de permettre l'étude microscopique des paragenèses au moment même de la présence sur le terrain. Nous avons été amenés à quadriller les zones cartographiées selon un système de "coordonnées de chasse" (de base 45 mm pour le 1/50.000°, soit 2'30" de longitude et latitude) à mailles carrées (A, B ...). Un site ou échantillon sera alors coté selon ses coordonnées millimétriques dans la maille de base (exemple : E - 27/34).

Dans les zones où le manteau d'altération météorique est épais et pour lesquelles l'étude microscopique des faciès du premier et du second degrés ne permet pas d'en déduire le faciès "sain" il devient obligatoire de recourir à des sondages carottés.

En l'absence de ces possibilités, et en attendant que des lois permettant des inductions sûres soient établies, on ne peut établir que des cartes de faciès d'affleurements basés sur des classes de paragenèses (amphiboles, chlorites, pélites, etc). C'est la solution retenue pour les deux cartes hors-texte. Les cartes géologiques actuelles présentent de nombreuses caractéristiques hypothétiques: métamorphisme, origine sédimentaire des pélites et des formations siliceuses, juxtaposition de deux types volcaniques, neutre et basique, structures isoclinales à stratifications verticales (cf. les extraits de (16) en annexe).

7.2. Les faciès pétrographiques cartographiés :

- les péridopyroxénites, plus ou moins serpentinisées, surtout développées dans les collines au sud de la piste KANEMERE-MAKO. Cependant des éléments épars, généralement à magnétite polaire, ont pu être trouvés localement dans les zones gabbroïques de KANEMERE et sur les collines basiques à l'ouest de MAMAKONO; ils n'ont pu être cartographiés au 1/50.000°.

- les roches éruptives basiques (gabbros-dolérites-basaltes) à amphiboles secondaires. C'est le stade le plus confiné des transformations de premier degré qui peut également être caractérisé par la présence de chlorites, épidotes, carbonates et quartz secondaires.
- les roches éruptives basiques à chlorites prépondérantes dans lesquelles les amphiboles secondaires sont rarissimes. De couleur généralement vert-clair, elles correspondent fréquemment aux "méta-andésites et - diorites" alors que les faciès précédents, plus foncés, en moyenne, recouvrent souvent les zones de "méta-basaltes et - gabbros".

Nous avons également noté sur les deux cartes les occurrences de brèches volcaniques qui nous semblent indiscutables. En ce qui concerne les tufs, bien que leur présence soit probable, il nous est apparu impossible pour le moment de faire la part des faciès tuffacés authentiques au regard des faciès dérivant des roches basaltiques par les transformations de premier ou de second degré.

- les grano-diorites à diorites quartziques : dans les deux zones étudiées ces faciès s'avèrent pauvres en orthose-microcline et en micas sensu stricto; par contre ils sont caractérisés à l'affleurement ou dans les puits par des occurrences de chlorites et amphiboles ainsi que de quartz-calcédoine secondaires. Il existe localement des faciès de bordure assurant la transition entre les faciès gabbroïques francs et ces faciès granitiques bien qu'ils aient une implantation de type "circonscrit", tel le batholite à l'ouest de MAMAKONO. Signalons également qu'au contact on peut noter des filons de grano-diorite dans les basaltes et réciproquement; ceci est bien marqué au contact situé près du village de culture de KOULOUNTO (KANEMERE) où se situe en outre un filon de pegmatite à muscovite visible sur 50 mètres (40-50° est).
- les faciès silicifiés ou carbonatés dans lesquels les quartz-calcédoines ou les carbonates deviennent prépondérants sur les autres minéraux secondaires. Les carbonates ne résistent pas aux transformations de second degré alors que les formations siliceuses, surtout les filons et dalles, marquent nettement le paysage, voire les photographies aériennes. Les faciès carbonatés sont riches en sulfures diffus alors que les faciès

siliceux témoignent quelquefois d'occurrence d'épidotes et de tourmalines en aiguilles (ces dernières surtout dans la zone de MAMAKONO) qui peuvent donner par oxydation des formations siliceuses à oxydes de manganèse noirs. Rappelons que la faille transversale de KANEMERE est marquée par un filon de quartz à épidotes. Il n'a pas été possible de trouver d'éléments militent en faveur d'une origine sédimentaire des formations siliceuses (notamment des radiolaires) dans les régions étudiées.

- les faciès pélitiques : leur composition minéralogique est extrêmement variable. Aux quartz-calcédones de toutes tailles peuvent s'adjoindre des kaolinites et hydroxydes-oxydes de fer (pélites d'altération ferrallitique sous buttes-témoins cuirassées), des chlorites-vermiculites et des séricites-talc (pélites d'altération ou d'origine pyroclastique), en structures plus ou moins litées. La présence de résidus de feldspaths et de pyroxènes-amphiboles est commune dans tous ces faciès, mis à part les niveaux kaolinitiques les plus superficiels. Des observations faites par Y. PERONNE (BRGM-DAKAR; communication verbale) ont attiré l'attention sur la fréquence des occurrences d'albites "fraîches", automorphes, non séricitisées; on peut envisager une origine diagénétique, normale ou régressive. On retrouve dans ces faciès le cortège habituel des minéraux secondaires de néoformation.

Le quartz étant omniprésent, les argilites sensu stricto s'avèrent rares (horizons kaolinitiques supérieurs).

- les cuirasses et carapaces (ces dernières friables à la main) voient leur puissance verticale se réduire en passant du glacis supérieur (5 mètres en moyenne) au bas-glacis (quelques dm) en même temps que l'intensité de l'induration et de la compacité s'amenuise. Les passages verticaux et latéraux entre structures gravillonnaires, scoriacées, alvéolaires, pisolithiques, sont très rapides et sans règle générale apparente. Par contre, la disparition progressive, de bas en haut, des grains de quartz hérités des faciès sous-jacents, est la règle dans toutes les formations cuirassées non colluvionnaires implantées sur des faciès quartziques (notamment sur grano-diorites).

8 - MINERALISATIONS

Aucune occurrence minérale rencontrée dans les deux zones ne présente d'intérêt autre qu'indiciel. Signalons à nouveau la présence de sulfures diffus dans tous les faciès verts, plus abondants dans les faciès carbonatés, de minéralisations manganésifères (oxydes et hydroxydes, dérivant localement de quartz à tourmalines) associées aux formations de silice libre, et en relation avec les ferritisations intenses des profils (cuirasses).

Dans la région de MAMAKONO s'opère un crpailage, très actif durant la saison sèche, par les paysans Malinké, dans les formations alluvionnaires (gangue des cailloutis). Près de SABODALA (à l'ouest de la zone) une formation quartzeuse et son encaissement pélitique immédiat livrent également des concentrations aurifères. Il est intéressant de noter, à ce propos, la constatation par les crpailleurs locaux de l'existence d'années propices (par exemple 1963) et stériles, sur le même gisement, qui tend à prouver une mobilisation actuelle de l'or.

Au point de vue matériaux réfractaires et plastiques l'abondance des quartz et des oxydes de fer dans les argilites smectiques, kaolinitiques et talqueuses interdit pratiquement leur utilisation.

Cette indigence des minéralisations, voire des indices, anormale dans un contexte géosynclinal, métamorphique et hydrothermal, dans une province précambrienne, nous apparaît plausible dans le cadre d'un massif uniformément basique dont la géochimie des concentrations n'est soumise qu'à des facteurs catamorphiques. Les missions de prospection intensive menées jusque là dans toute la série de MAKO ont d'ailleurs été peu encourageantes.

A N N E X E
- - - - -

Documents cités

Tableaux géochimiques : I - Eléments traces d'affleurements
Ibis - Eléments majeurs "
II - Teneurs d'eaux phréatiques

Fiche climatologique

Microphotographies

DOCUMENTS CITES
=====

- 1 - BALDENSBERGER J. - (1965) - Etude pédologique d'un bassin versant de la région de KEDOUGOU (Sénégal-Oriental)
Rapport ORSTOM-DAKAR.
- 2 - BASSOT J. P. - (1966) - Etude géologique du Sénégal-Oriental et de ses confins guinéo-maliens.
Mémoire BRGM n° 40.
- 3 - CHAUVEL A. - (1967) - Notice explicative des feuilles de KEDOUGOU et de KENIEBA-KOSSANTO de la Carte pédologique du Sénégal-Oriental à l'échelle du 1/200.000è.
Centre ORSTOM-DAKAR.
- 4 - DIENG M. - (1965) - Contribution à l'étude géologique du Continental Terminal du Sénégal.
BRGM-DAKAR.
- 5 - FOTIUS G. - (1965) - Etude phytosociologique dans la région de KANEMERE (Sénégal-Oriental).
Rapport ORSTOM-DAKAR.
- 6 - GRAVESTELIJN J. - (1962) - Mission OUASSA- Sud FALEME - Rapport de fin de campagne - BRGM-DAKAR.
- 7 - KALOGA B. - (1966) - Notice explicative de la feuille de DALAFI - Carte Pédologique du Sénégal au 200.000è.
Centre ORSTOM-DAKAR.
- 8 - LELONG F. et MILLOT G. (1966) - Sur l'origine des minéraux micacés des altérations latéritiques. Diagenèse régressive-Minéraux en transit.
Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., 19, 3-4, P.271-287.
- 9 - MICHEL P. - (1959) - L'évolution géomorphologique des bassins du Sénégal et de la Haute-Gambie - Ses rapports avec la prospection minière.
Rapport BRGM-DAKAR.
- 10 - MICHEL P. - (1960) - Note sur les formations cuirassées de KEDOUGOU - Rapport BRGM-DAKAR.
- 11 - MILLOT G., RADIER H., MULLER-FEUGA R.,
DEFOSSEZ M. et WEY R. (1959) - Sur la géochimie de la silice et les silicifications sahariennes - Bull. Serv. Carte géol. Als. Lorr., t.12, Fasc.2, P.3-15.
- 12 - MILLOT G. - (1964) - Géologie des argiles - MASSON
- 13 - SHAW D. M. - (1964) - Interprétation géochimique des éléments en traces dans les roches cristallines.
MASSON.

- 14 - WINCHELL A. N. -(1961) - Elements of Optical Mineralogy -
J. WILEY.
- 15 - WITSCHARD F. -(1965) - Contribution à l'étude géologique, pétrogra-
phique et métallogénique des massifs grani-
tiques du Sénégal-Oriental.
Mémoire BRGM n° 44.
- 16 - Service des Mines et de (1963) - Carte géologique de la République du
la Géologie du Sénégal Sénégal au 1/200.000ème.
Feuilles DALAFI - KEDOUGOU - KOSSANTO.

Tableau I

Teneurs en éléments-traces (en p.p.m.) de faciès d'affleurements du secteur "KANEMERE"

N°	Mn	Be	Bi	Ge	Mo	Sn	V	Cu	Zn	Zr	Ni	Co	Ti	Cr	Li	Sr	Ba	Rb	Faciès
K - 1	2000	-3	- 10	30	-3	- 10	600	30	100	300	500	300	3000	3000	100	1000	300	300	paléo-gabbro(trémolite-serpentes)
K - 7	2000	-3	- 10	100	3	- 10	500	30	100	300	600	300	3000	3000	100	300	300	300	- d° - (+ chlorites)
K -13	3000	-3	- 10	10	-3	- 10	600	300	300	300	200	200	+3000	300	250	1000	100	-300	paléo-gabbro(chlorites-épidotes-carbonates)
K -23	2000	-3	- 10	30	3	- 10	400	200	100	300	500	200	+3000	3000	100	1000	1000	300	paléo-gabbro(horn-blendes-chlorites)
K -26	950	-3	- 10	40	-3	- 10	270	130	190	270	270	70	+3000	950	95	950	200	280	paléo-gabbro(carbonates - quartz-chlorites)
K -29	2700	-3	- 10	45	-3	- 10	270	180	90	180	270	130	+3000	2700	270	900	700	-300	- d° -
K -30	1500	-3	- 10	80	10	- 10	500	100	100	1900	3000	1000	+3000	+3000	100	100	100	-300	péridopyroxénite (serpentines)
K -31	3000	-3	- 10	10	-3	- 10	200	30	100	200	200	15	+3000	30	200	3000	2000	3000	granodiorite (horn-blendes-chlorites)

+ : supérieur à

- : inférieur à

(Analyses effectuées au Laboratoire de Spectrographie des S.S.C. - ORSTOM - à BONDY-France - Directeur: M. PINTA).

Tableau I bis

Teneurs en éléments majeurs (en % poids) de faciès d'affleurements du Secteur
" KANEMERE "

cf. Tableau I

N°s	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Perte-au-feu
K - 1	54,20	12,15	9,36	0,11	11,26	6,43	2,92	0,44	0,71	2,48
K - 7	49,70	8,10	10,30	0,17	14,46	7,91	1,71	0,43	0,60	4,63
K - 13	45,90	16,10	12,90	0,20	7,62	9,89	2,21	0,10	0,90	3,50
K - 23	59,10	13,60	7,18	0,10	6,80	5,48	3,35	1,31	0,78	2,87
K - 26	55,70	13,10	6,55	0,09	7,91	4,26	2,90	0,89	0,74	6,35
K - 29	45,60	8,25	8,60	0,15	7,87	12,55	0,64	0,09	0,55	13,99
K - 30	36,70	11,92	14,90	0,21	34,62	5,29	0,28	0,34	0,43	3,82
K - 31	70,40	15,60	1,98	0,06	1,09	2,67	4,01	2,97	0,14	0,86

Analyses effectuées au Laboratoire de Spectrographie du Centre de Recherches
Pétrographiques et Géochimiques de NANCY-VANDOEUVRE (France) - Directeur :
H. de la ROCHE.

(Résultats parvenus en cours de tirage du présent rapport)

Tableau II

Eléments majeurs (en mg/litre) dans les eaux phréatiques

Echantillons	Résistivités	Cl	SO ₄	PO ₄	SiO ₂	K	Na	Ca	Mg	Roches-magasin	
K A N E M E R E	K - 7	1480	5	1	2,10	75	2,2	53,5	23,5	53,8	Paléo-gabbro à serpentines-chlorites-trémolite
	K - 9	3550	5	2,6	1,85	73	1,7	18	32	20	Paléo-basalte quartzique à hornblendes-chlorites
	K - 10	4070	5	1,2	1,35	50	2	20,5	31,5	12,15	Pélite kaolinitique
	K - 12	2810	10	2,6	1,80	45	2,7	53,5	30	13	Paléo-gabbro à quartz-séricite
	K - 14	1920	- 5	0,75	1,20	35	2,2	48,5	36	40	- d° -
	K - 16	1550	- 5	1,2	2,3	108	3,5	24,5	74	49,6	Pélite kaolinitique
	K - 19	2660	- 5	0,7	1,9	75	2,4	22,5	33,5	31,8	Paléo-basalte à séricite-talc
	K - 23	3400	- 5	1,1	1,70	54	2,7	29,5	26,5	15,4	Paléo-gabbro à hornblendes-chlorites
	K - 24	1550	- 5	0,75	1,60	45	4	30,5	92	45	Paléo-gabbro quartzique à chlorites-carbonates
	K - 31	7700	5	1,3	1,4	62	6,4	15	10,5	5,9	Granodiorite à hornblendes et biotite
M A M A K O N O	M - 5	861	3,4	248	- 0,05	100	1,5	41,5	16	115	Paléo-dolérite à quartz et hornblendes
	SEKOTO	3630	4,6	6	- 0,05	53	2,4	30,5	31	58,7	- d° -
	SANSAMBA	3630	3,2	1,01	- 0,05	72	1,7	83	17	37,5	Paléo-gabbro quartzique à chlorites
	MAMAKONO	4674	6,0	0,92	- 0,05	50	0,5	7,8	18,1	8,5	Paléo-gabbro à hornblendes et chlorite
	FALOMBO	11685	5,3	0,13	- 0,05	35,6	0,5	3,15	8,7	1,36	Granodiorite à hornblendes et biotite, sous cuirasse.

- : inférieur à

Tableau II (suite)
Eléments-traces (en γ /litre) dans les eaux phréatiques

N°	Mn	Pb	Mo	Sn	V	Cu	Fe	Ni	Co	Ti	Cr	Sr	Ba	Li	Rb	Al
K - 7	1,5	- 1,5	- 1,5	- 5	5	2,5	- 17	1,5	- 5	- 1,5	1,5	25	- 15	1,5	- 1,5	- 5
K - 9	0,9	- 1	- 1	- 3	3	1,5	- 17	-1	- 3	- 1	0,9	15	- 10	3	- 1	- 5
K - 10	0,8	0,8	0,8	- 3	5,2	1,3	- 17	0,8	- 3	- 0,8	1,3	52	26	0,8	1,3	10
K - 12	3	- 1	2	- 3	0,9	1,5	630	0,9	- 3	1,5	0,9	45	- 10	9	- 1	480
K - 14	1	- 1	- 1	- 3	1	1,7	- 17	-1	- 3	- 1	- 1	17	- 10	1	1	- 5
K - 16	2,5	- 1,5	2,5	- 5	1,5	5	- 17	-1,5	- 5	1,5	2,5	60	- 15	15	1,5	- 5
K - 19	10	1	- 1	- 3	3,4	1,7	250	-1	- 3	1,7	3,4	34	68	7	1,7	140
K - 23	2,6	2,6	0,8	- 3	1,3	1,3	- 17	-1	- 3	-1	0,8	13	- 10	5	0,8	- 5
K - 24	9,4	- 1,5	- 1,5	- 5	1,4	2,4	265	-1,5	- 5	1,4	1,4	24	- 15	1,4	1,4	135
K - 31	1	- 0,6	- 0,6	- 2	1	1	33	-0,6	- 2	1	1	21	42	4,2	10	30
M - 5	-3	-10	- 3	-10	4,5	2,7	25	-10	- 3	27	-3	90	- 10	- 3	-3	- 2,5
SEKOTO	4,8	- 5	- 1,5	- 5	2,5	2,5	30	- 5	- 1,5	4,8	1,5	48	4,8	-1,5	-1,5	- 2,5
SANSAMBA	-1,5	- 5	- 1,5	- 5	1,5	-1,5	25	- 5	- 1,5	46	1,5	4,6	14	-1,5	-1,5	- 2,5
MAMAKONO	1,2	- 1	0,4	- 1	-0,3	0,4	200	- 1	- 0,3	3,6	-0,3	12	1,2	-0,3	-0,3	- 2,5
FALOMBO	2	- 1	0,3	- 1	2	0,5	130	2	- 0,3	3	1	30	3	0,3	-0,3	- 2,5

Dosages effectués au Laboratoire de Spectrographie des S.S.C.-ORSTOM (Directeur: M. PINTA) -

FICHE CLIMATOLOGIQUE

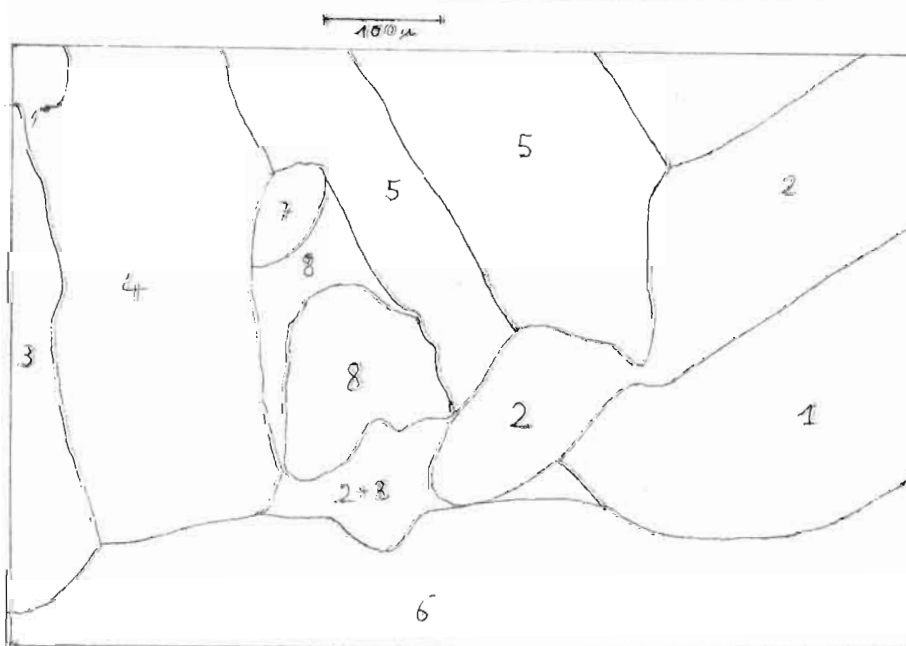
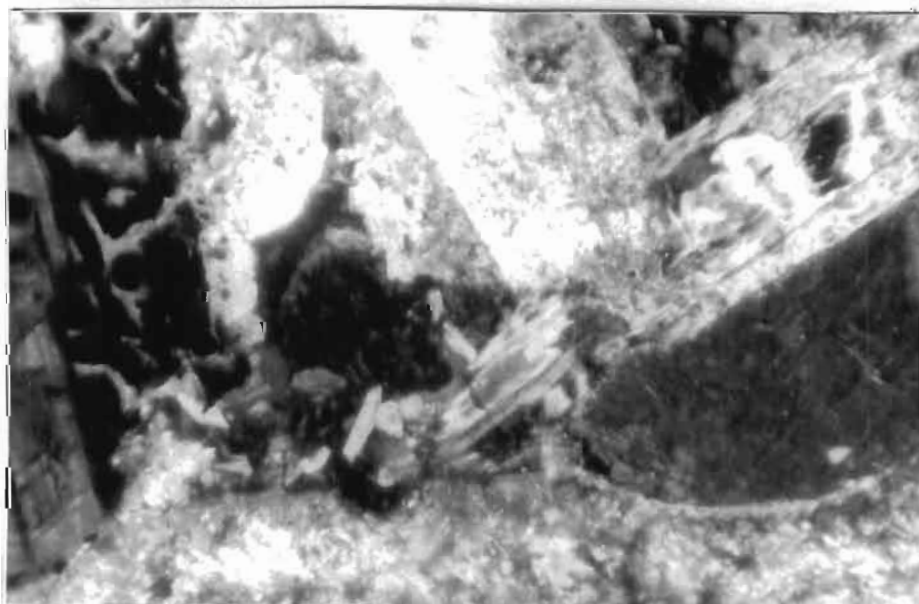
=====

Tirée de A. CHAUVEL (3, p.2-13) et B. KALOGA (7, p. 1-3) - Stations A.S.E.C.N.A.

		KEDOUGOU	DIALAKOTO	TAMBACOUNDA
<u>Coordonnées</u>	Longitude :	12° 11'	13° 18'	13° 41'
	Latitude :	12° 33'	13° 19'	13° 46'
<u>Température</u>	Moyenne annuelle :	28,3°		27,9°
	Minimale moyenne :	20,8°		20,7°
	Maximale moyenne :	35,8°		35,1°
<u>Pluviométrie</u>	Moyenne annuelle :	1.429 mm	1.014 mm	938 mm
	Jours de pluie :	77	53	77
	Indice A.AUBREVILLE:	5 - 1 - 6	4 - 1 - 7	4 - 1 - 7
<u>Humidité relative</u>	Minimale moyenne :			34 %
	Maximale moyenne :			77 %
<u>Evaporation</u>	Moyenne annuelle :			2.928 mm
<u>Evapotranspiration potentielle</u>	PRESCOTT :	2.130 mm		2.240 mm
	THORNTHWAITE :	1.812 mm		1.780 mm
	TURC :	1.643 mm		1.790 mm
<u>Excédent d'eau</u> (THORNTHWAITE)	Juin :	12 mm		
	Juillet :	105 mm		
	Août :	181 mm		
	Septembre :	162 mm		
	Annuel :	460 mm		
<u>Dégradation spécifique</u> (F. FOURNIER) en tonnes/km ² /an	<u>Relief</u>			
	peu accentué :	2.200	2.030	1.730
	très accidenté:	6.700		
Indice de MARTONNE :		32,0		30,6
Indice HENIN-AUBERT	α = 0,5 :	193 mm		92 mm
	α = 1,5 :	425 mm		228 mm
<u>Climat écologique</u> (A. AUBREVILLE)		Soudano- Guinéen	Sahélo- Scudanaïs	Sahélo- Scudanaïs

Paléogabbro à
hornblende verte
éch. K-N-16/13

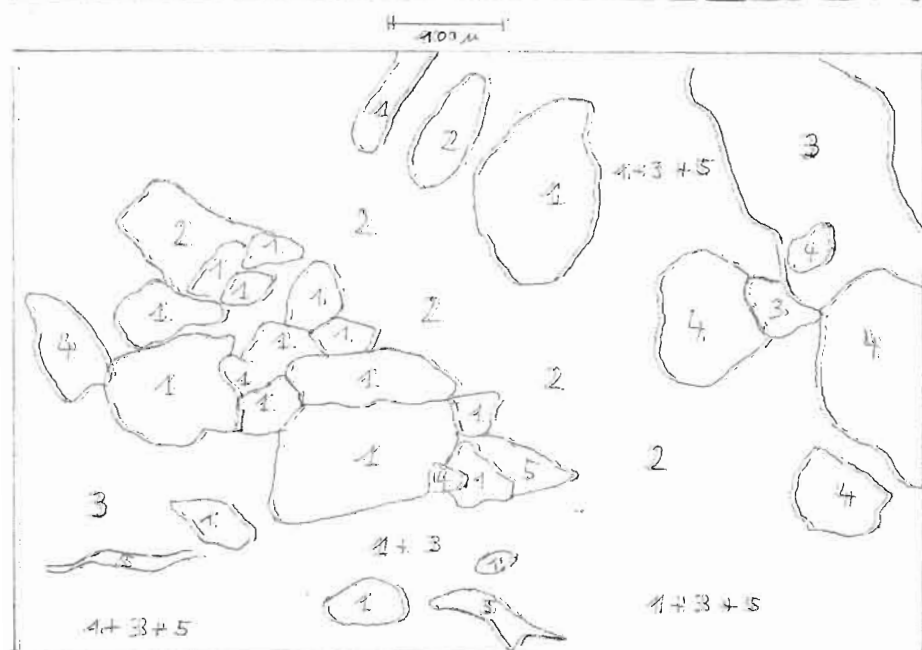
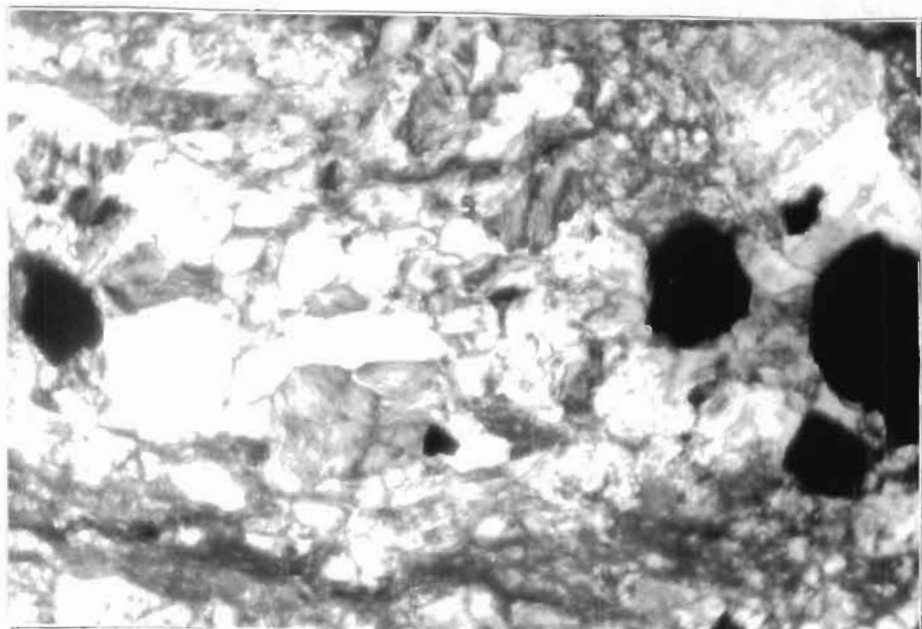
Lum. polarisée
(λ 100)



Transformations du premier degré:

- 1: augite intacte
- 2: maïle de la même augite (reliques intactes = blanc) transformées en hornblende verte (bandes périphériques, grises) et chlorites (taches sombres)
- 3: augite remplacée par des épidotes cryptocristallines
- 4: maïle de l'augite précédente transformée en épidotes cryptocristallines et sulfures (taches noires) en structures graphiques
- 5: plagioclase albitisé (maïles en voie d'effacement) à inclusions de sérizite, quartz-calcédoine, carbonates, épidotes, hornblendes vertes
- 6: plagioclase totalement remplacé par une matrice secondaire formée par l'assemblage des minéraux secondaires précédents
- 7: quartz secondaire
- 8: amas de chlorites secondaires

Péllite
feuilletée
éch. L-S-f
Lum. polarisée
(x 100)



Transformations du second degré:

Structure feuilletée grossièrement: lits verticaux de quartz et de phyllites.

1: quartz-calcédoine de néogenèse (1° et 2° degrés)

2: chlorites (parties sombres) se transformant en vermiculites, puis en séricitite-kaol.

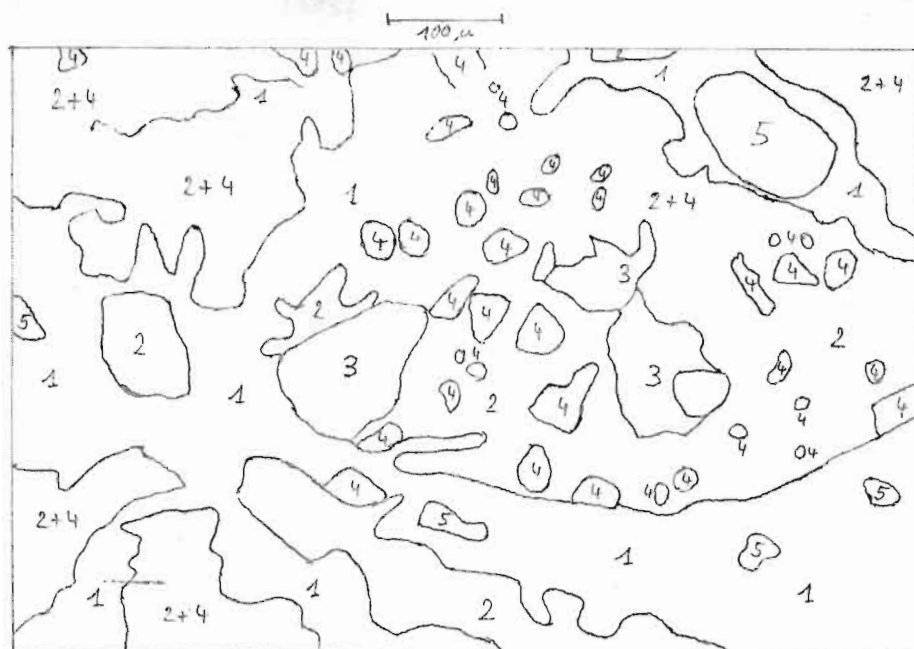
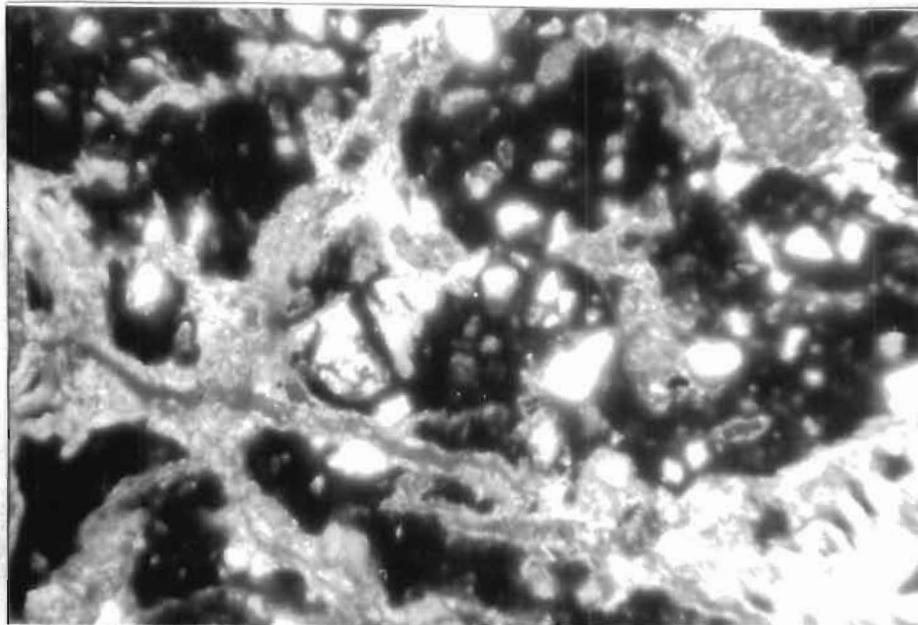
3: phyllites et pilges monominérales de séricitite-kaol.

4: oxydation des sulfures résultant de la cimentation.

5: ferritisation ((traînées d'oxydes-hydroxydes de Fe-Mn))

En outre, séricitisation intense des plagioclases résiduels: phyllites, de "argiles" et "limons" (non visible sur ce cliché).

Pélite
ferritisée
éch. K-10-n
Lum. polarisée
(x 100)



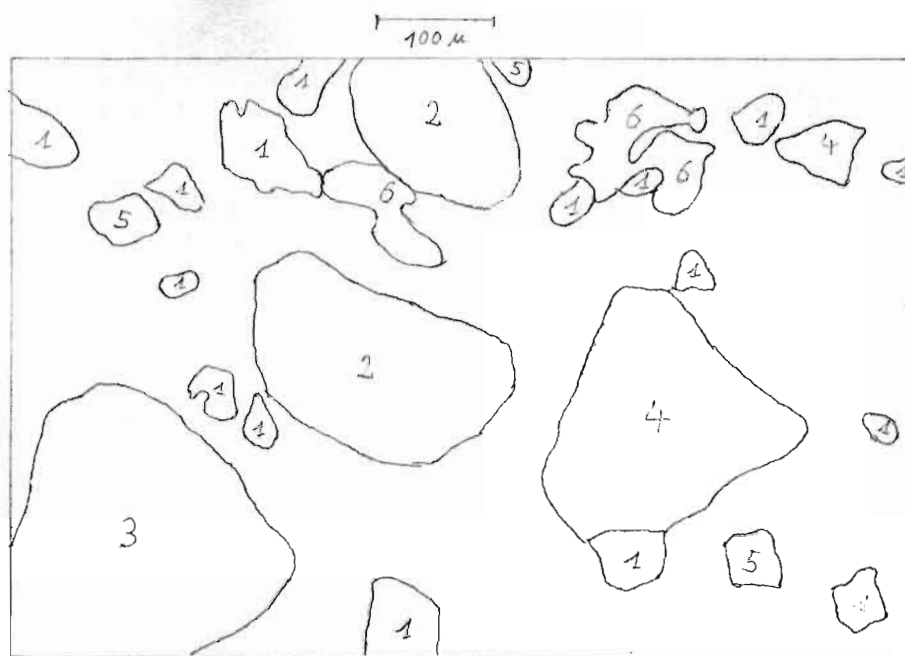
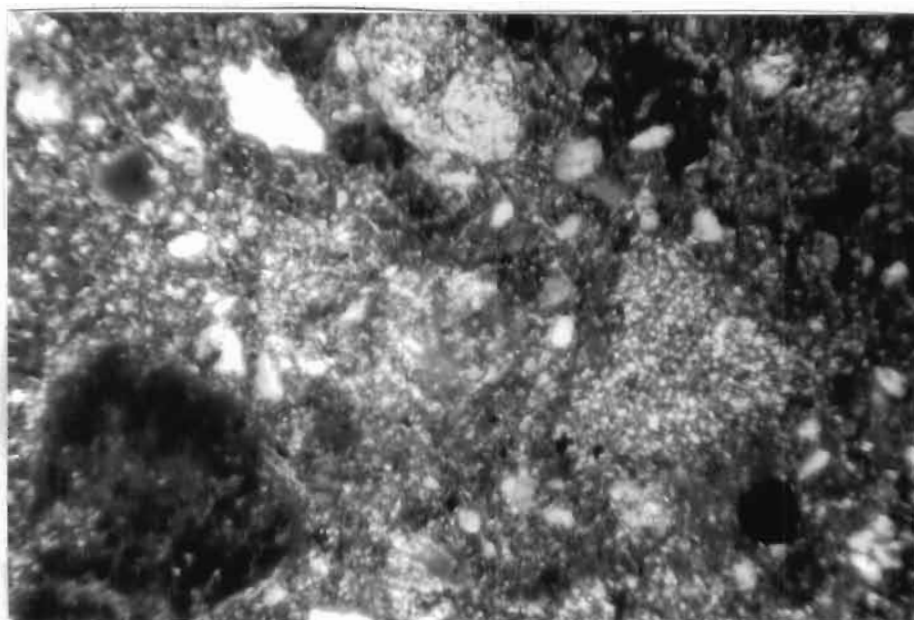
Processus du second degré:

Imprégnation d'hydroxydes-oxydes de fer et manganèse, au niveau de la nappe phréatique, d'une matrice secondaire de quartz-kaolinite-illite.

- 1: plasma beige faiblement ferritisé: hétéroplasma strié, réticulé à ondulant, localement poromorphe
- 2: plasma rouge foncé, fortement ferritisé et oxydé: plasma floconneux à opaque - orientations optiques non visibles
- 3: quartz ferritisés selon les fissures et clivages
- 4: ferritisation centripète des quartz - à la limite il ne subsiste qu'un fantôme rouge cryptocristallin
- 5: pores (formes irrégulières)

Vertisol
lithomorphe
éch. K-27-b

Lum. polarisée
(x 100)





Processus du 3^e degré:














fond: hétéroplasma jaune-orange (montmorillonites-nontronites-illites-kaolinite-métahalloysite-hydroxydes-oxydes de Fe-Mn)
réticulé et strié, granomorphe et poromorphe

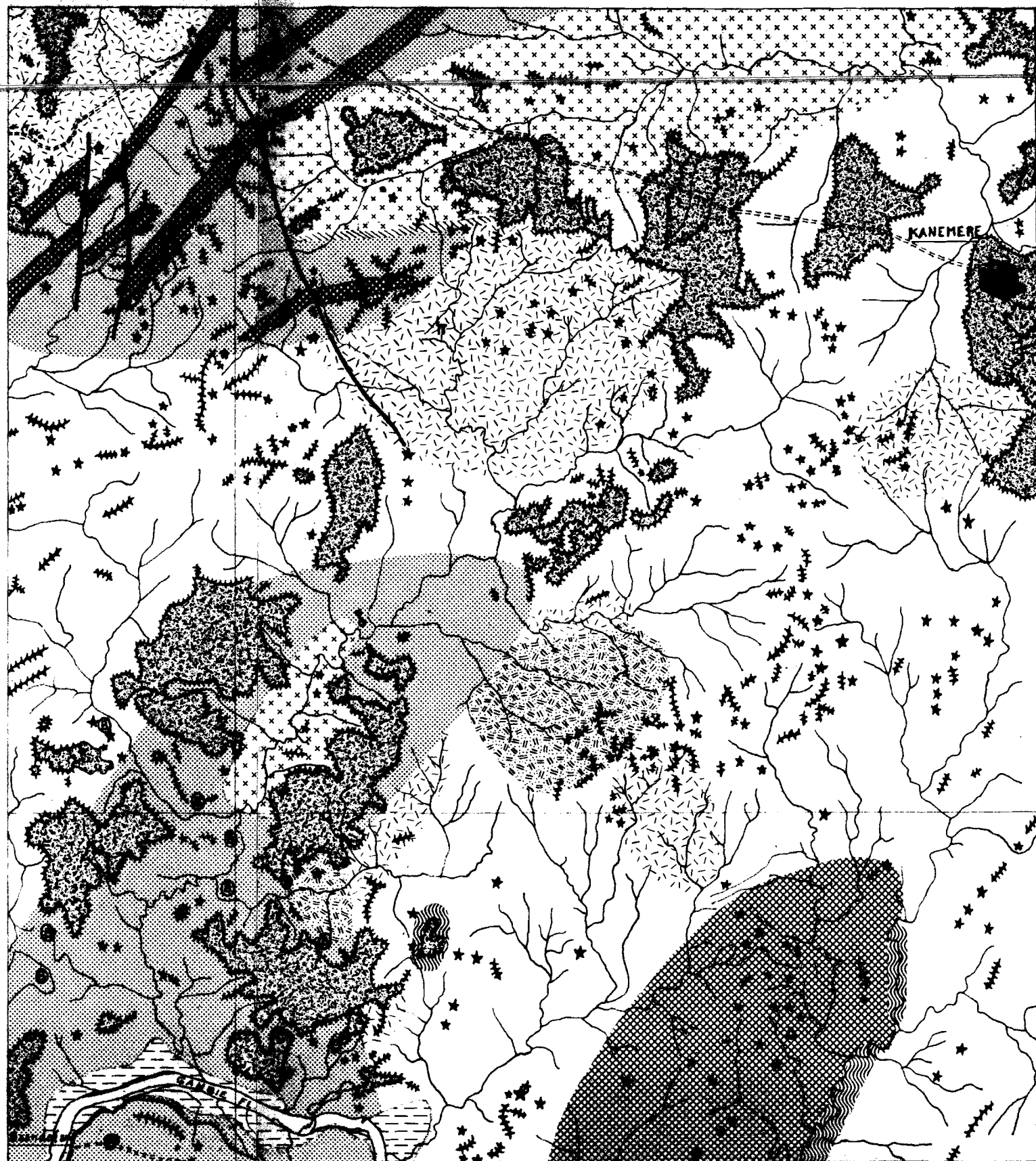
- 1: quartz résiduels plus ou moins ferritisés
- 2: plagioclases totalement séricitisés - inclusions de quartz-calcédoine et hydroxydes-oxydes de Fe
- 3: minéraux ferromagnésiens remplacés par un plasma floconneux à hydroxydes-oxydes abondants - inclusions de quartz-calcédoine
- 4: micromosaïque néogénétique de quartz-calcédoine
- 5: nodules d'oxydes de Fe et Mn
- 6: macropores

Echelle: 1/50.000

-  Pérido-pyroxénite
-  Paléo-

gabbro
basalte

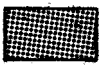
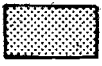






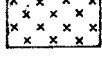






 anorthitique à amphiboles dominants
-  — albitique à chlorites dominantes
⊙: faciès bréchiques
-  Faciès fortement silicifié
-  — carbonaté
-  Faciès pélitique
-  Faciès schisteux
-  Granodiorite (diorite ^{que} à hornblende verte
-  Faciès de transition diorite - n. basiques
-  Alluvions
-  Cuirasse ferrifère en dalle continue
-  Pegmatite
-  Quartz tourmalinifère
-  — manganésifère
-  Relief: buttes-collines



Carte des faciès pétrographiques

d'après Couverture aérienne I.G.N. (DALAFI -072-436 à 440, 390 à 393)

Echelle: 1/50 000

-  Paléogabbro anorthitique à amphiboles dom^{tes}
-  Paléobasalte —
-  Paléogabbro albitique à chlorites dominantes
-  Paléobasalte — @: Brèche
-  Paléobasalte ou -gabbro intensément silicifié
-  Faciès fortement carbonaté à gros grain
-  — à grain fin
-  Faciès schisteux
-  Granodiorite à hornblende verte
-  Faciès de transition granodiorite-n.basiques
-  Cuirasse ferrifère en dalle continue
-  Quartz tourmalinifère
-  Quartz manganésifère
-  Or alluvionnaire
-  Relief (buttes-collines)



Carte des faciès pétrographiques

d'après Couverture aérienne I.G.N. (DALAFI - 077-507 à 512, 116 à 121)